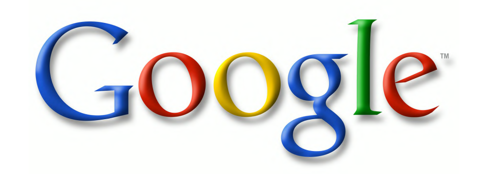


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

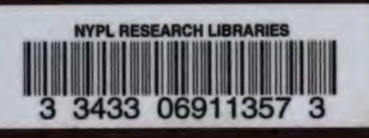
Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

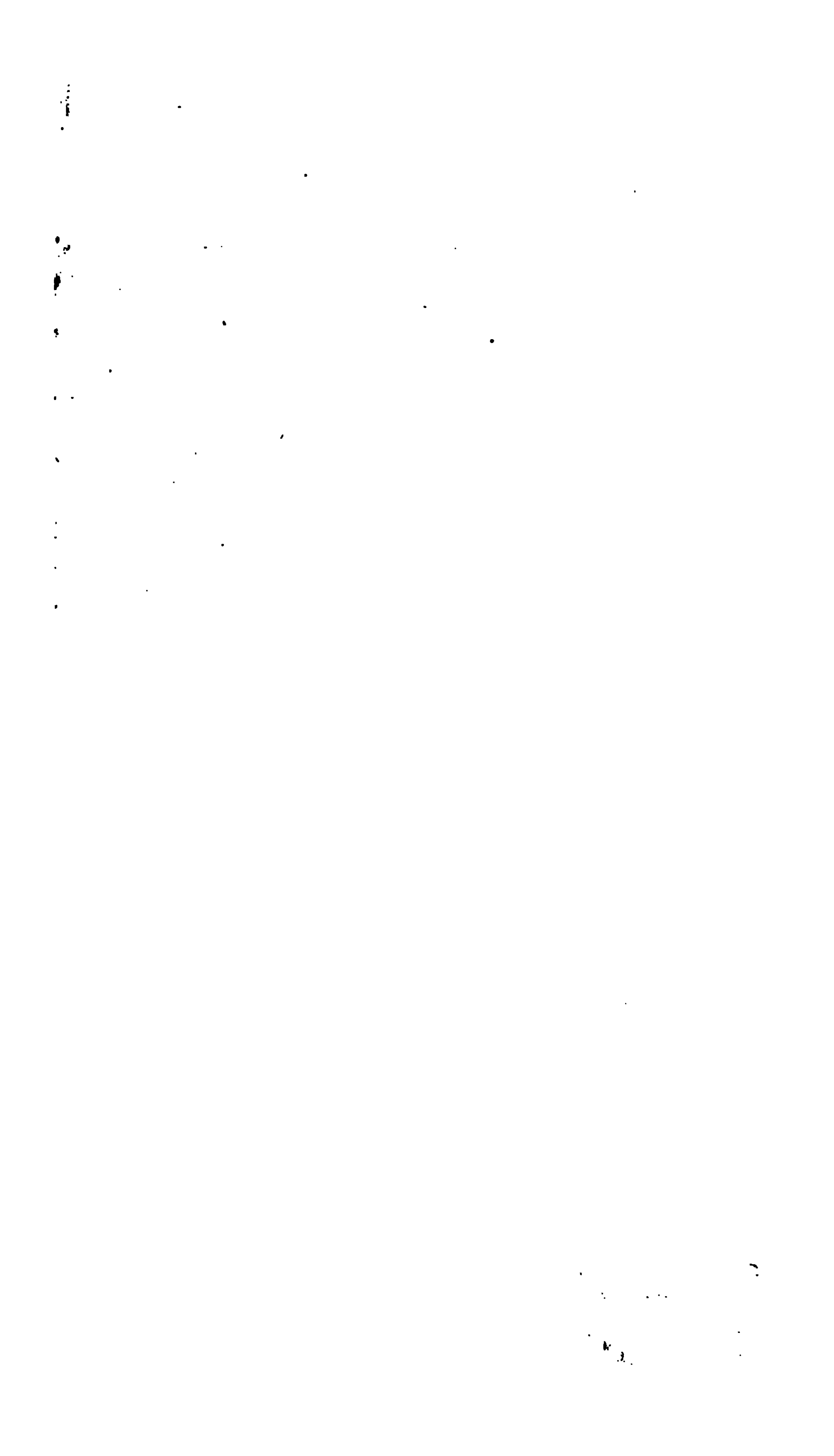
Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06911357 3









Allgemeine

physiologische Chemie.

Chemistry (Physiological) [Ac]

Versuch

einer allgemeinen

physiologischen Chemie,

von

G. J. Mulder,
Professor an der Universität zu Utrecht.

Mit
eigenen Zusätzen des Verfassers
für
diese deutsche Ausgabe seines Werkes.

Mit 8 colorirten und 12 schwarzen Kupfertafeln.

ASTOR LIBRARY NEW-YORK.

Erste Hälfte.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1844—51.

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

Vorrede zur deutschen Ausgabe.

Herr Professor Wöhler war so gütig, sich für eine deutsche Ausgabe dieses Werkes zu interessiren. Verschiedene Umstände, namentlich ein Unglücksfall, der Herrn Dr. Schnedermann — welcher die Uebersetzung übernommen hatte — betroffen, haben das Erscheinen derselben ein wenig verzögert.

Seit dem Erscheinen der ersten vier Lieferungen der holländischen Ausgabe sind Zusätze und Veränderungen nothwendig geworden, welche ich dieser, von Herrn Dr. Kolbe besorgten deutschen Ausgabe einverleibe, so daß dieselbe als ein Originalwerk angesehen werden kann, welches in den folgenden Lieferungen gleichzeitig mit der holländischen Ausgabe ausgegeben werden wird.

Utrecht, im April 1844.

G. J. Mulder.





Allgemeine

physiologische Chemie.

Chemistry (Physiological)
[illegible]

Versuch

einer allgemeinen

physiologischen Chemie,

von

G. J. Mulder,
Professor an der Universität zu Utrecht.

Mit
eigenen Zusätzen des Verfassers
für
diese deutsche Ausgabe seines Werkes.

Mit 8 colorirten und 12 schwarzen Kupfertafeln.

ASTOR LIBRARY
NEW-YORK.

Erste Hälfte.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1844—51.

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

Vorrede zur deutschen Ausgabe.

Herr Professor Wöhler war so gütig, sich für eine deutsche Ausgabe dieses Werkes zu interessiren. Verschiedene Umstände, namentlich ein Unglücksfall, der Herrn Dr. Schnedermann — welcher die Uebersetzung übernommen hatte — betroffen, haben das Erscheinen derselben ein wenig verzögert.

Seit dem Erscheinen der ersten vier Lieferungen der holländischen Ausgabe sind Zusätze und Veränderungen nothwendig geworden, welche ich dieser, von Herrn Dr. Kolbe besorgten deutschen Ausgabe einverleibe, so daß dieselbe als ein Originalwerk angesehen werden kann, welches in den folgenden Lieferungen gleichzeitig mit der holländischen Ausgabe ausgegeben werden wird.

Utrecht, im April 1844.

G. J. Mulder.

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

An den Herrn J. J. Berzelius.

Ist es ein großes Vergnügen, dankbar sein zu können, so ist es ein solches für mich gewiß, wenn ich bedenke, wie viel ich Ihnen schuldig bin, Ihnen, dem scharfsinnigen Untersucher, Ihnen, dem tiefen Erforscher der Geheimnisse der Natur, Ihnen, dem Begründer der Chemie. Als Kind in der Wissenschaft haben Sie mich aufgenommen, mir Muth gegeben, mir Rath ertheilt; als ich heranwuchs, haben Sie, mein bester Führer, mir den Weg gezeigt, den ich einschlagen mußte, um die Wahrheit aufzusuchen, Wahrheit von einer höheren Ordnung, für Menschen erreichbare Wahrheit, obgleich sie, wie alles Gute, göttlicher Abkunft ist. Ja, als ob das Maaß Ihrer Güte gegen mich unerschöpflich wäre, sogar meine persönlichen Interessen, meine Stellung zum Leben und der Gesellschaft, wurden ohne mein Wissen von Ihnen geschützt und aufs Kräftigste gefördert.

Glauben Sie mir, das schöne Gefühl der Dankbarkeit wird mir doppelt schön, wenn ich Ihnen dankbar sein kann.

Ist Ihre Sorgfalt für mich eine väterliche gewesen, so ist mein Dank der eines Kindes, welches die Wohlthaten anerkennt, welche es reichlich und milde genossen hat.

Bei der Herausgabe dieses Versuchs einer physiologischen Chemie war es mir ein Bedürfniß, von dieser Dankbarkeit gegen Sie öffentlich Kunde abzulegen. Nehmen Sie diesen Versuch an, so wie Sie Alles von mir angenommen haben, wohlwollend und geneigt. Ist etwas Gutes darin, so gehört es Ihnen an; denn Sie haben mich in der Wissenschaft erzogen, an deren Spitze Sie ein Jeder ohne Bedenken stellt. Und wenn Ihr scharfes Auge Mängel entdeckt, wie ich weiß, daß Sie sie entdecken werden, weisen Sie mich zurecht, gleichwie Sie es immer gethan haben.

Ihr theures Leben bleibe noch lange, was es bis heute war, ein Segen für dieses Jahrhundert und die Zukunft.

Utrecht, im April 1843.

G. J. Mulder.

Vorrede.

Es ist in der letzten Zeit ein reges Bestreben bei den Naturforschern erwacht, über die Eigenthümlichkeiten und Vorgänge in den organischen Reichen der Natur einiges Licht zu verbreiten. Die Anstrengungen, welche in dieser Beziehung gemacht wurden, konnten bisher nur mit einem mangelhaften Erfolge gekrönt sein, in einer Zeit, in welcher das Maaß der Kenntnisse noch gering, die Zahl der Thatsachen noch beschränkt, die gegebenen Größen, um ein Ganzes zu bilden, noch unvollkommen sind. Eine solche wissenschaftliche Darstellung der Vorgänge in der Natur erfordert eine unabsehbare Reihe gut beobachteter und geordneter Thatsachen als Grundlagen, auf denen das Gebäude aufgeführt werden muß. Ohne dieselben wird es schwach und unvollkommen, mancher Theil desselben wird unvollendet bleiben müssen. Was an Thatsachen fehlt, ist durch nichts Anderes ohne Nachtheil für das Bauwerk zu ersetzen. Die schönsten Speculationen widerstehen der Zeit eben so wenig, als Karten-

häuser; die scheinbar festesten Theorien werden durch eine einzige empirische Wahrheit oft umgestoßen. Nur das unbestreitbar Wahre, das heißt, was durch unbefangene Beobachtungen an's Licht gebracht ist, hat bleibenden Werth in der Naturwissenschaft.

Es leuchtet von selbst ein, daß in einer Zeit, wo man anfängt, es zu wagen, einen Schleier zu lüften, den man bis dahin für den allerdichtesten hielt, der Erfolg vorerst nur höchst mangelhaft sein kann. Die Lehre von den Erscheinungen des Lebens hat man, was ihren dynamischen Theil betrifft, für außer dem Reich der menschlichen Forschung liegend gehalten und selbst eine Bürgschaft für ihre Großartigkeit darin zu finden geglaubt, daß der menschliche Geist nichts davon begreife. Was die Entstehung, die Entwickelung, das Wachsthum, die Verrichtungen der Pflanzen und Thiere betrifft, war, im Verhältniß zu den Grundursachen der Wirkung, in einen dichten Nebel gehüllt. Kein Auge, glaubte man, sei im Stande, diesen zu durchdringen.

So denkt man indessen jetzt nicht mehr allgemein über das, was dahinter verborgen liegt. Aber während man kaum weiß, was man von demselben zu erkennen hoffen darf, während man nur mit Mühe die Gränzen bestimmt von dem, was wir jetzt wissen und was für jetzt noch unerreichbar ist, wird doch Neues beobachtet, Neues

gefunden. Der unübersehbare Schatz der Kenntnisse, welche uns Licht geben über die in der sogenannten unorganischen Natur thätigen Kräfte, ist der Grund, auf dem man fortbaut; der Faden, an dem man sich in der Dunkelheit festhält, um vom sichern Wege sich nicht zu entfernen; der Führer, welcher keinen verläßt, noch verlassen kann. Man strebt, sich vom Einfachen zum Zusammengesetzten zu erheben; man bricht mit zögernder Hand die unabsehbare Scheidewand nieder, die zwischen dem Todten und Lebendigen in früheren Tagen aufgeführt worden, und während man ungefährdet da einen Verband aufzuspüren sucht, wo er wirklich besteht, sieht man über viele Verrichtungen des lebenden Organismus Licht aus dem Reiche aufgehen, welches früher das leblose genannt wurde.

Einen großen Schritt vorwärts hat man der sich immer mehr und mehr verbreitenden Kenntniß von der Beschaffenheit der Stoffe zu verdanken, aus denen die organische Natur besteht. Diese Stoffe sind der anorganischen Natur entnommen, sind also leblose Stoffe. Aus keinen anderen, als diesen, sind Thiere und Pflanzen gebildet. Die Wirkungen dieser Stoffe, die Erscheinungen, welche sie hervorbringen, sind nach den Umständen verschieden, in denen sie sich befinden. Ein Stoff, der leblos heißt, äußert keine Erscheinungen des Lebens; ein Körper, der lebendig genannt wird, äußert diejenigen nicht, welche bei einem leblosen stattgefunden haben würden. Aber das, was sie nicht

äußern, entbehren sie darum nicht; was sie äußern, zeigen sie nur, weil die Umstände diese Erscheinungen möglich machen oder bedingen.

So sehr daher die belebten Organismen und leblosen Körper immer verschieden in der Art der Erscheinung bleiben werden, so sehr fällt die falsche Vorstellung weg, daß der Stoff der belebten und leblosen Natur nicht ganz und gar denselben Gesetzen unterworfen sein sollte: und damit ist auch die zwischen den Erscheinungen der organischen und anorganischen Körper gezogene Gränzlinie insofern aufgehoben, als beide nur von den verschiedenen Umständen abhängen, unter denen derselbe Stoff sich befindet, mit denselben Kräften versehen, die nicht in ihrer Beschaffenheit, sondern in der Form ihres Auftretens verändert sind.

Man ist indessen noch weit davon entfernt, alle Erscheinungen des Lebens von den allgemeinen Eigenschaften der bekannten Stoffe und Kräfte ableiten zu können; im Gegentheil fehlt noch viel, ehe man zu solcher Einsicht gelangen wird.

In den folgenden Seiten wird der Leser die Darlegung eines Versuches finden, die allgemeine Lehre von den Erscheinungen des Lebens aus den Kenntnissen, welche wir bei leblosen Körpern gesammelt, zu erklären. Sie bilden den Inhalt einiger Vorlesungen, die auf der Universität zu Ut-

recht gehalten wurden, und machen auf Vollständigkeit keinen Anspruch. Bei den Zuhörern dieser Vorträge wurde eine hinreichende Kenntniß von den allgemeinen chemischen Eigenschaften der Stoffe, von ihrer Beschaffenheit und gegenseitigen Einwirkung sowohl als von ihrer Zusammensetzung vorausgesetzt; und ebenfalls eine genügende Bekanntschaft mit den Verrichtungen der Pflanzen und Thiere, des Baues und der Zusammensetzung derselben.

Dieselbe Kenntniß wird auch beim Leser vorausgesetzt. Er erwarte hier weder Chemie, noch Naturgeschichte der Pflanzen oder Thiere, oder des Menschen zu finden. Die Zustände zu beobachten, unter denen die leblosen Stoffe sich befinden, wenn sie Bestandtheile der organischen Körper geworden, die Metamorphosen, die sie hierbei erleiden, und die Gesetze, denen sie folgen, hauptsächlich im Vergleich mit denen der anorganischen Natur, wird der Hauptzweck dieses Versuchs sein. Dabei werden nothwendig Entstehen und Entwickelung, Wachsen und Sterben der organischen Körper zur Sprache kommen müssen und alle diejenigen Funktionen angeführt werden, bei welchen ohne Widerrede ein Stoffwechsel stattfindet; die Verrichtungen, wovon dies noch nicht ausgemacht ist, gehören für jetzt noch nicht in das Gebiet der physiologischen Chemie.

Schließlich muß ich bemerken, daß ich, wo ich konnte, von Vorstellungen und Thatsachen, welche von Anderen be-

kannt gemacht worden sind, die Quelle angeführt, daß ich aber nicht ängstlich danach gesucht habe. Ich mache auf Priorität keinen Anspruch; ein Jeder eigne sich also zu, was ihm angehört.

Möge man diesen Versuch mit Nachsicht beurtheilen, er ist keine Arbeit, in der eine strenge Untersuchung die Wahrheit vollkommen hervortreten lassen kann; sie macht auf nichts Anderes Anspruch, als auf den Namen Versuch; ein Ganzes in wissenschaftlicher Darstellung dieses Zweiges der Naturforschung erwarte man nach einigen Jahrhunderten.

Nachwort.

Der vorliegende, unter meinem Namen (als Uebersetzer) erschienene „Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie“ ist von mir selbst nur zum Theil in's Deutsche übertragen. Nach dem Erscheinen der ersten acht Lieferungen machten besondere Verhältnisse es mir unmöglich, diese Arbeit fortzusetzen. Herr Professor Schnedermann in Chemnitz übernahm es, die Uebersetzung von da an weiter zu führen. — Als später Ueberhäufung mit Berufsgeschäften auch ihn hinderte, dieselbe zu beenden, hatte Herr Dr. Limpricht in Göttingen die Güte, die letzten Bogen in's Deutsche zu übertragen. Ich fühle mich daher im allseitigen Interesse für verpflichtet, hier zu bemerken, daß die ersten 44 Bogen von mir, Bogen 45—71 von Professor Schnedermann, und Bogen 71—81 von Dr. Limpricht übersetzt worden sind.

H. Kolbe.



Inhalt.

I. Chemische und organische Kräfte.

Es wird in der Lehre vom Leben kein Gegenstand eifriger vertheidigt, als die Existenz einer den organischen Stoffen eigenthümlichen Kraft, welche jene auf eine eigene Weise im Organismus vertheilt, sie befähigt, zum Bestehen des Ganzen beizutragen, und mit ihnen eine Reihe von Erscheinungen erzeugt, welche sämmtlich unter dem Namen »Lebenserscheinungen« begriffen werden. Diese Lebenskraft ist vielfach als eine ganz besondere und von allen in der unorganisirten Natur thätigen Kräften so verschiedene gedacht worden, daß daraus sogar eine Art Gegensatz entstanden ist, indem man von lebenden und todten Naturkräften spricht. Man hat sich gescheut, beide unter einem Gesichtspunkte zu betrachten, und glaubte, der Lehre vom Leben zu nahe zu treten, wenn man aus den sogenannten todten Kräften manche Lebenserscheinungen hätte erklären wollen.

Es ist die Aufgabe der Naturwissenschaften, nicht allein die Erscheinungen und die Gesetze zu erforschen, von denen die sogenannte todte und lebende Natur beherrscht wird; es müssen diese auch in einen systematischen Zusammenhang gebracht werden. Je tiefer wir in die Geheimnisse der Natur eindringen und je enger sich die verschiedenen Zweige der Naturwissenschaften an einander anschließen, um so mehr muß

kannt gemacht worden sind, die Quelle angeführt, daß ich aber nicht ängstlich danach gesucht habe. Ich mache auf Priorität keinen Anspruch; ein Jeder eigne sich also zu, was ihm angehört.

Möge man diesen Versuch mit Nachsicht beurtheilen, er ist keine Arbeit, in der eine strenge Untersuchung die Wahrheit vollkommen hervortreten lassen kann; sie macht auf nichts Anderes Anspruch, als auf den Namen Versuch; ein Ganzes in wissenschaftlicher Darstellung dieses Zweiges der Naturforschung erwarte man nach einigen Jahrhunderten.

Nachwort.

Der vorliegende, unter meinem Namen (als Uebersetzer) erschienene „Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie“ ist von mir selbst nur zum Theil in's Deutsche übertragen. Nach dem Erscheinen der ersten acht Lieferungen machten besondere Verhältnisse es mir unmöglich, diese Arbeit fortzusetzen. Herr Professor Schnedermann in Chemnitz übernahm es, die Uebersetzung von da an weiter zu führen. — Als später Ueberhäufung mit Berufsgeschäften auch ihn hinderte, dieselbe zu beenden, hatte Herr Dr. Limpricht in Göttingen die Güte, die letzten Bogen in's Deutsche zu übertragen. Ich fühle mich daher im allseitigen Interesse für verpflichtet, hier zu bemerken, daß die ersten 44 Bogen von mir, Bogen 45—71 von Professor Schnedermann, und Bogen 71—81 von Dr. Limpricht übersetzt worden sind.

H. Kolbe.



Inhalt.

denheiten. Wir geben uns zu wenig Rechenschaft davon, warum das eine ganz andere Mengen von denselben Stoffen und unter ganz andern Erscheinungen aufnimmt, als das andere.

Wir bringen die Elemente in Gruppen, je nachdem sie einige Aehnlichkeit besitzen, aber befassen uns nicht zugleich auch mit den Ursachen der Aehnlichkeit und Verschiedenheit. Warum sind zwei Metalle, wie Natrium und Platin, so ganz verschieden? Das eine kann sich nicht direkt mit dem Sauerstoff vereinigen, während sich das andere unter sehr auffallenden Erscheinungen damit verbindet. Das Natrium zeigt sich unter allen Verhältnissen thätig und kräftig; das Platin meist passiv, träge und unvermögend, ähnliche Erscheinungen hervorzubringen.

Wir pflegen uns auszudrücken: das Natrium hat eine größere Vereinigungskraft (besitzt sie in höherm Maaße). Aber diesen Begriff von Vereinigungskraft entlehnen wir bloß von dem zu Stande bringen einer Verbindung. Dies ist ein Endresultat der dem Natrium inwohnenden Kraft. Wenn es mit Heftigkeit Wasser zersetzt, so ist dies ohne Frage dem Bestreben, sich innig mit Sauerstoff zu verbinden, zuzuschreiben; aber liegt diese Vereinigung in nichts anderm, als in der gegenseitigen Anziehung zwischen Natrium und Sauerstoff?

Bei der allgemeinen oder physikalischen Anziehung nehmen wir derartige Erscheinungen nicht wahr; zu dem Begriff der Anziehung bei Affinität muß also noch etwas hinzukommen. Etwa dies, daß Anziehung bei Verwandtschaft in bestimmten unabänderlichen Verhältnissen geschieht? Gewiß gehört das auch mit zu einer richtigen Vorstellung von Affinität; aber auch darin liegt nicht alles; damit ist noch nicht die Verschiedenheit in Farbe, Geruch und Geschmack, eine Verschiedenheit des Aggregatzustandes, der Flüchtigkeit, des Siedepunktes, der Dichtigkeit, specifischen Wärme und

der Atomgewichte der Körper erklärt; noch nichts gesagt über den Isomorphismus, die Isomerie und die Entwickelung von Licht, Wärme und Elektricität bei den chemischen Verbindungen.

Die Molekularkräfte nur auf Vereinigung ungleichartiger Moleküle ausgehend sich zu denken, ist eine dürre und beschränkte Vorstellung, welche eine große Reihe von Erscheinungen noch unerklärt läßt.

Es ist die Aufgabe einer gesunden Naturlehre, Erscheinungen zu beobachten und sie systematisch zu ordnen, Gesetze aufzusuchen und Kräfte anzunehmen, welche die beobachteten Erscheinungen genügend erklären. Der gegenwärtige Standpunkt der Chemie erfordert also, da man mit positiver Sicherheit weiß, daß die Materie an und für sich keinen Einfluß auf die Menge hat, in welcher ein Element sich mit dem andern verbindet, und daß eben so wenig die Gestalt der neuen Verbindung davon abhängig ist, — sie fordert, sage ich, sich eine etwas lebendigere Vorstellung von den Molekularkräften zu machen, als man es noch vor einigen Jahren that. Schwefel, Selen, Chrom und Mangan, an und für sich sehr verschiedene Körper, nehmen jedes 3 Aeq. Sauerstoff auf und erzeugen mit Basen Salze von gleicher Gestalt; Sulfate, Selenate, Chromate und Manganate sind isomorph. Ganz dasselbe findet in einer Menge anderer Fälle Statt.

Wir schließen also richtig, daß im Schwefel, Selen, Chrom und Mangan gleichartige Kräfte vorhanden sind, und werden dadurch von selbst darauf hingewiesen, daß das chemische Verhalten von der materiellen Beschaffenheit der Elemente unabhängig ist; aber abhängig von den Kräften, welche die Molekule von Schwefel, Selen u. s. w. beherrschen. So kommt also zur Vorstellung vom Schwefel etwas von einem Begriff von Kraft, und zwar derselben Kraft, welche auch im Selen thätig ist, thätig, nicht bloß Verbindungen zu Stande bringen, sondern auch den Hauptcharakter derselben bedingen zu helfen.

Auch noch in den entfernteren Verbindungen zeigt sich die Schwefel- und Selenkraft wirksam; so sind z. B. schwefelsaures und selensaures Natron beide efflorescirende Salze und theilen die sonderbare Eigenschaft, in Wasser von 33° leichter auflöslich zu sein, als in kochendem, eine Eigenschaft, welche nicht von der Schwefel- und Selenmaterie, sondern von deren Molekularkräften abhängt.

Phosphor und Arsenik sind isomorph. Beide bilden mit Sauerstoff Säuren, welche nach der Formel R_2O_5 zusammengesetzt sind. Mit Natron geben diese Säuren je zwei Salze, welche sämmtlich 1 Aeq. Säure, 2 Aeq. Basis und 1 Aeq. basisches Wasser enthalten, aber das eine Paar nimmt 24 Aeq., das andere 14 Aeq. Krystallwasser auf.

Ueberblicken wir in diesem Sinne die Reihe der einfachen Körper und abstrahiren wir einen Augenblick so viel wie möglich von der materiellen Beschaffenheit derselben, so werden wir die Molekularkräfte in einer unendlichen Modificirung auftreten sehen, sobald wir die Erscheinungen richtig in's Auge fassen; Kräfte, deren Wirkungen sich meist auf das Hervorbringen einer Verbindung erstrecken, aber deren Wesen darin nicht allein besteht.

Keine Wirkung der Molekularkräfte kennt man genauer, als die Vereinigung zweier oder mehrerer Elemente zu einem Ganzen; oder lieber umgekehrt: die Erscheinungen, welche man bei der Vereinigung der Körper beobachtet und die Wirkungen der Vereinigung haben einen bestimmten Begriff von einer Ursache gegeben, welche jene hervorzubringen vermag. Die Verbindung geschieht unter Erscheinungen, welche man verfolgen und deren Wirkungen man messen und wägen kann.

Bleiben wir für jetzt bei diesen Aeußerungen der Kraft stehen und überlassen wir es einer spätern Zeit, von den Kräften, welche sonst noch die Moleküle beherrschen, einen richtigen Begriff zu entwickeln. Die Wissenschaft, welche

dem forschenden Geiste dieses unabsehbare Feld öffnet, ist kaum erst dem Namen nach bekannt.

Die Kraftäußerung, welche wir Verwandtschaft nennen, muß einem bestimmten Vermögen der Elemente, sich chemisch anzuziehen, zugeschrieben werden. Die sich vereinigenden Körper müssen entweder vor der Vereinigung oder Berührung ein Vermögen besitzen, welches sich zur gelegenen Zeit äußert, oder sie empfangen dasselbe im Augenblicke des Contakts. Die Sache läßt sich bei einer genauern Prüfung bald entscheiden.

Was das Wecken einer Kraft anlangt, so fällt dieser Begriff mit der Elektricitätslehre zusammen. In den Molekülen ist Elektricität auch wirksam, aber darum mit der Affinitätskraft nicht identisch *).

Wenn wir ein Stück Holz mit einer Feder berühren, so erfolgt keine Vereinigung, aber wohl, wenn Chlor und Antimon in Berührung kommen. Das Holz hat also keine Fähigkeit, eine vereinigende Kraft in der Feder zu wecken, eben so wenig die Feder in Beziehung auf das Holz. Chlor und Antimon dagegen besitzen dies Vermögen gegenseitig. Es ist nun ziemlich gleichgültig, ob wir uns vorstellen, daß die Kräfte in dem Chlor und Antimon ruhen und bei der Berührung in Wirksamkeit versetzt werden, oder ob wir uns denken, daß sie schon erweckt waren, und erst in dem Moment der Berührung sich durch die Erscheinungen der Vereinigung zu erkennen gaben. Beide Ansichten gelten in der Wissenschaft gleich viel. Denn die vom Chlor und Antimon wechselweise ausgehenden Kräfte müssen doch beide oder wenigstens eine von beiden vor der Berührung vorhanden sein; oder zwei schlafende Kräfte erwecken einander, ein offenbarer Widerspruch. Wir halten demnach fest, daß im Chlor

*) Es versteht sich von selbst, daß hier der Ort nicht ist, zu untersuchen, worin Vereinigungskraft und die elektrische Thätigkeit sich gleichen oder unterscheiden.

und Antimon, entweder in beiden zugleich oder nur in einem derselben, schon vor der Berührung eine Fähigkeit, zu wecken und sich zu vereinigen, präexistiren muß.

Diese Kraft wollen wir chemische Spannung, Tension nennen. Sie äußert sich bei der Berührung, aber kann eben so wenig, wie die Elektricität, oder jede andere Kraft durch Berührung hervorgebracht werden. Der Contakt ist also nur eine Bedingung für die Möglichkeit der Vereinigung, gleichwie, um laufen zu können, erforderlich ist, daß die Füße den Boden berühren. Eine Bedingung zur Erzeugung eines Phänomens ist aber himmelweit verschieden von der Quelle der Wirkung, der Ursache der Erscheinung selbst. Die Contakttheorie scheint mir in dem Sinne, in welchem sie so oft vertheidigt ist, nicht bestehen zu können.

Die einfachen Körper, welche jenes Vermögen, welches wir unter der chemischen Spannung verstehen, zwar alle gemein haben, besitzen es jedoch in verschiedenem Grade, sowohl der Quantität als der Qualität nach. Von demselben Element nehmen alle die übrigen, mit wenigen Ausnahmen, sehr verschiedene Mengen auf. Nur die, welche gleiches Atomgewicht haben, verbinden sich zu gleichen Theilen. Sehr mannigfach ist die Art und Weise, wie sie sich unter einander verbinden, sehr verschieden die Erscheinungen während der Vereinigung und vor Allen die Möglichkeit, sich in einem oder mehreren Verhältnissen zu verbinden. Woher rührt dieser Unterschied anders, als von der Größe und der Art der chemischen Spannung? Da nun diese bei den meisten Körpern verschieden ist, so sind auch die Körper selbst verschiedenartig, und es muß, gesetzt es läge allen Elementen ein einziger Stoff zu Grunde, doch jedes als ein besonderes hervortreten, weil ein jedes von besonderen Kräften beherrscht wird; mit anderen Worten: eine ungleichmäßige Vertheilung der chemischen Tension ist im Stande, dasselbe Element in verschiedenen Gestalten auftreten zu lassen. Beispiele hierzu

liefern uns die allotropischen Körper, der Kohlenstoff, der Phosphor und mehrere andere.

Ob allen Elementen ein Stoff zu Grunde liegt, so daß sie nicht materiell, sondern dynamisch verschieden sind, oder ob es so viele Elemente giebt, als Gruppen isomorpher Körper bestehen, oder gar so viele, wie die Chemie gegenwärtig unterscheidet, das ist kein Gegenstand, welcher jetzt beantwortet werden kann. Wir halten uns an das, was wir wahrnehmen und mit Sicherheit wissen, und folgern, daß jeder Grundstoff mit einer Menge Eigenthümlichkeiten begabt ist, welche zum großen Theil von demselben Vermögen abhangen, welches Vereinigung bewirkt, d. h. von der Größe und Beschaffenheit der chemischen Spannung.

Bei einer solchen Vorstellung haben wir meiner Meinung nach das gewonnen, daß wir in der todten Materie einiges Leben auftreten sehen. Sie ist aus der unendlichen Menge von Erscheinungen geschöpft, welche im chemischen Laboratorium im täglichen Leben und in der ganzen großen Natur wahrgenommen werden. Eine solche Betrachtung beschränkt sich nicht allein auf das Materielle, welches uns doch keine klare, wenigstens keine praktische Vorstellung giebt, denn eine solche wäre bloß von den physikalischen Eigenschaften entlehnt, keineswegs aber von denen, welche die Fähigkeit der Grundstoffe, Erscheinungen hervorzubringen, an den Tag legen.

Die Frage, ob die Einführung dieses Begriffs von Thätigkeit neben dem von materieller Verschiedenheit für die Wissenschaft bereits einen reellen Werth gehabt hat, beantworten wir mit »Nein«. Man hat von diesem Gesichtspunkte aus die Wissenschaft noch zu wenig behandelt; sie ist noch nicht hinlänglich mit unwiderlegbaren Thatsachen versehen, um in jener Richtung schon verfolgt werden zu können. Aber ein Blick darauf in diesem Sinne mag als ein Streben nach etwas Besserem angesehen werden.

Von den Grundstoffen haben vier einen ganz besonderen Charakter. Alle übrigen sind in der Fähigkeit, sich unter einander zu verbinden, mehr oder weniger beschränkt, diese vier, Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff scheinen dieselbe in einem unbegrenzten Maaße zu besitzen. Die Stärke und die Beschaffenheit der Affinitätskraft dieser vier Elemente ist auf die mannigfaltigste Weise modificirt. Sie verdienen deshalb in der Chemie einen besondern Platz.

Blei und Sauerstoff verbinden sich immer nur in zwei Verhältnissen, PbO und PbO_2, und diese bilden noch eine dritte dazwischen liegende Verbindung (die Mennige). Aber die Verbindungen des Kohlenstoffs und Wasserstoffs sind unzählbar und nicht bloß der relativen, sondern auch der absoluten Menge nach mannigfaltig. So hat man CH_2 und CH_4, aber auch C_2H_4 und C_4H_8 u. s. w. Die Verbindung C_5H_8 ist fast unerschöpflich, bald tritt sie auf als C_5H_8, bald als $C_{10}H_{16}$, $C_{15}H_{24}$, $C_{20}H_{32}$ u. s. w. Es giebt einen Kohlenwasserstoff: C_2H_2, einen andern: C_4H_6, einen dritten: C_4H_{10} u. s. w.

Eben so verhält es sich mit Kohlenstoff und Stickstoff; Stickstoff und Wasserstoff; Kohlenstoff Stickstoff, und Wasserstoff; Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff; Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und mit Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff, mit einem Worte: obschon die vier genannten Elemente sehr viele Eigenschaften mit den übrigen gemein haben, so bilden sie doch eine eigene selbstständige Gruppe, und ihre Affinitätskräfte sind auf eine viel mannigfaltigere Art modificirt. Fassen wir die Eigenthümlichkeiten einer chemischen Verbindung ein wenig näher in's Auge.

a) Bestimmte Werthe der Kräfte, welche die Vereinigung bewirken. Scheinbare Unthätigkeit der Kräfte nach der Vereinigung.

Die einfachen Körper unterscheiden sich, wie wir gesehen haben, in ihrem Vermögen, sich unter einander zu ver-

einigen, also auch in dem Besitze der Kraft, welche die Vereinigung bewerkstelligt, oder in der Fähigkeit, diese unter bestimmten Verhältnissen in Thätigkeit zu setzen. Einige scheinen bei jeder Temperatur Verwandtschaft zu besitzen, z. B. Kalium oder Natrium zum Sauerstoff, Chlor zu manchen Metallen u. s. w. Diese Neigung ist den genannten Körpern eigenthümlich, und wir sagen daher mit Recht, Kalium und Sauerstoff vermögen sich unter allen Umständen gegenseitig zu vereinigen.

Die Vereinigungskraft zeichnet sich besonders dadurch aus, daß sie in kleinen unmeßbaren Entfernungen auf ungleichartige Theilchen wirkt und eine Vereinigung derselben in bestimmten Verhältnissen zu Stande bringt. In Folge derselben entsteht also aus zwei ungleichartigen Stoffen eine Verbindung, welche so innig ist, daß auch noch die kleinsten Theilchen beide enthalten. Ein Stück Kalium besitzt sein Vereinigungsbestreben nicht als Masse, sondern es gehört den kleinsten Theilchen an. Je feiner sogar die Masse zertheilt ist, desto besser geht die Vereinigung von Statten.

Die kleinsten Theilchen des Kaliums und Sauerstoffs schließen sich also bei der Vereinigung an einander und kommen nachher, mit neuen Eigenschaften begabt, zum Vorschein, mit Eigenschaften, welche größtentheils von der Natur der vereinigten Körper abhängig sind, also auch von den Kräften, welche sie beherrschen.

Nach der Vereinigung hat das Kalium das Vermögen, wenigstens unter gleichen Bedingungen mit dem Sauerstoff sich ferner zu vereinigen, verloren. Die beiden Moleküle haben ihre Neigung ganz und gar befriedigt, und die beiden gegenüberstehenden Kräfte haben sich demnach ganz oder zum Theil neutralisirt. Haben sie ganz einander aufgehoben, so kann die neue Verbindung sich nicht mehr mit andern Körpern vereinigen. Aber ist der Kraft von Kalium (K) nicht ganz durch die des Sauerstoffs (O) das Gleichgewicht gehal-

ten, so ist mehr oder weniger von dem (K) in der Verbindung übrig geblieben; im umgekehrten Falle vom (O). Selten heben sich beide Kräfte vollkommen auf, sondern es bleibt von der einen oder andern meist ein Ueberschuß, welcher sich dadurch zu erkennen giebt, daß er der neuen Verbindung einen dem überwiegenden Elemente entsprechenden Charakter ertheilt.

Daß die Kräfte unter bestimmten Verhältnissen von bestimmter Größe sind, lehrt die Unabänderlichkeit der Quantitäten, in denen sich die Elemente verbinden, eine Unabänderlichkeit, deren Ursache nicht bloß in einem der beiden verbundenen Elemente liegen kann. Bei der Vereinigung vernichten einander scheinbar gleich große Quanta. Nehmen wir z. B. an, der Sauerstoff habe ein Vereinigungsvermögen von 3 (O), das Kalium von 6 (K), so müssen nach der Vereinigung beider unter gewissen Umständen von 3 (O) und 6 (K), 3 (K) und 3 (O) sich neutralisiren, und also 3 (K) übrigbleiben.

Dies bestätigt die Erfahrung. Kaliumoxyd ist nicht indifferent, sondern hat auf seine Weise eine Neigung, sich mit andern Körpern zu verbinden, eine Neigung, nicht so groß als die des Kaliums, aber doch in demselben Sinne wirkend. Ein Quantum der chemischen Spannung ist also nicht mit in den indifferenten Zustand übergegangen. Nennen wir nun den im Kaliumoxyd gebliebenen Ueberschuß von Kraft: 3 (K).

Unter gewissen Verhältnissen vereinigen sich Schwefel und Sauerstoff, so wie es Kalium und Sauerstoff bei gewöhnlicher Temperatur thun. Hierbei geht wiederum entweder die ganze Menge der entgegenwirkenden Kräfte oder von einer der beiden ein Theil scheinbar verloren, und es bleibt dann entweder etwas von der Sauerstoff- oder Schwefelkraft übrig.

Stellen wir uns vor, daß diese Kräfte im Sauerstoff und Schwefel in dem Verhältniß stehen von 3 (O): 1 (K),

so bleibt nach der Vereinigung von Sauerstoff und Schwefel zu Schwefelsäure, 2 (O) übrig.

Kaliumoxyd hat also ein Vermögen von 3 (K) und die Schwefelsäure von 2 (O) behalten. Nach dieser Ansicht sind weder jenes noch diese indifferente Körper, sondern besitzen beide noch Vereinigungskräfte, und zwar solche, welche im entgegengesetzten Sinne thätig sind, so daß sie aufs Neue die Vereinigung der schon zusammengesetzten Körper bewirken (nämlich des Kaliumoxyds und der Schwefelsäure). Bei dieser Vereinigung verschwindet wiederum (K) gegen (O). Nehmen wir an, daß von 3 (K) und 2 (O), 2 (K) durch 2 (O) neutralisirt werden, so bleibt, nachdem schwefelsaures Kali gebildet ist, 1 (K) übrig.

In dem schwefelsauren Kali liegen nun je zwei entgegengesetzte Kräfte dreimal verborgen; zwei in den Elementen des Kalis, zwei in der Schwefelsäure und zwei in den Bestandtheilen des schwefelsauren Kalis, Kräfte, welche einander das Gleichgewicht halten, und deren kleinste (O) unbemerkbar geworden ist, aber deren größte (K) durch den Theil noch auf andere Körper einwirken kann, welcher nach Vernichtung der schwächeren Kraft übrig geblieben ist.

In unserm Beispiel ist nach Vereinigung der Schwefelsäure und des Kalis noch 1 (K) zurückgeblieben, d. h. ein Theil der Kraft, welche ursprünglich in dem Kalium vorhanden war. Schwefelsaures Kali ist aber wiederum nicht indifferent; es kann sich aufs Neue mit andern Körpern vereinigen, und wohl bestimmt mit solchen, welche (O) 1, 2, oder mehrmal besitzen. Nehmen wir an, daß schwefelsaure Thonerde ein solcher Körper sei, so sehen wir nach demselben Princip durch Vereinigung von schwefelsaurem Kali mit schwefelsaurer Thonerde die Bildung von Alaun bewerkstelligt. Auf diese Weise werden alle chemischen Verbindungen erster, zweiter und dritter Ordnung hervorgebracht.

Wie groß die in den Elementen ursprünglich ruhenden

Kräfte sind, ist noch nicht bestimmt; man theilt solchen Grö- ßen, wie wir sie eben zur Verdeutlichung unserer Ansicht ge- braucht haben, keine bestimmten numerischen Werthe zu. Aber das ist ausgemacht, daß stets zwei entgegengesetzte Kräfte vorhanden sein müssen, wo Anziehung und Vereinigung erfolgt.

Nicht alle Körper verbinden sich unter einander. Die- jenigen, welche dies nicht vermögen, besitzen entweder keine der beiden genannten entgegengesetzten Kräfte, oder dem ei- nen derselben fehlen dieselben unter den Umständen, wo sie gerade zusammenkommen. Ueberall im Gegentheil, wo (K) und (O) sich in einem bestimmten Maaße finden, entsteht Vereinigung. Kommt z. B. ein Körper von 20 (K) mit ei- nem andern von 1 (O) in Berührung, so vereinigen sie sich, und die neue Verbindung muß mit 19 (K) begabt sein.

Es ist nicht nöthig, mehr chemische Kräfte anzunehmen, als die beiden, welche wir (K) und (O) genannt haben. Alle Elemente scheinen diese zu besitzen, aber in verschiedenem Grade. Die Lehre von den chemischen Proportionen hat dargethan, daß, wenn gewisse Umstände sie in verschiedenem Maaße in Thätigkeit versetzen, die Quantitäten der ange- regten Kräfte im Verhältniß stehen, wie die natürlichen ganzen Zahlen. 1 Aeq. Stickstoff verbindet sich mit 1, 2, 3, 4, 5 Aeq. Sauer- stoff und ebenso die übrigen Elemente. Kurz, es ist eine unwider- legbare Thatsache, daß es für die chemischen Kräfte bestimmte Werthe giebt, welche zu einander im Verhältniß ganzer Zah- len stehen.

Es ist wiederum ein Resultat der Erfahrung, daß nicht bei allen Elementen unter den gewöhnlichen Verhältnissen jene Kräfte sich äußern, sondern daß die Umstände modificirt werden müssen, um entweder die Kräfte zu wecken, oder in einer bestimmten Quantität in dem Körper zu fixiren. Ka- lium und Sauerstoff ziehen sich bei gewöhnlicher Temperatur an; wir schließen daraus, daß das Kalium immer diese

Fähigkeit besitzt. Der Beweis dafür ist schwieriger zu liefern, denn die gewöhnliche Temperatur kann bei dem Kalium gerade Bedingung für die Aeußerung und Fixirung dieser Kraft sein, so daß es sich vielleicht bei einer Kälte von —100° nicht oxydirt. Die gewöhnliche Temperatur kann für das Kalium das sein, was für das Eisen Glühhitze ist.

Zu den Umständen, welche die Kräfte wecken oder zu einer bestimmten Größe steigern können, gehören: erhöhte Temperatur, der Einfluß des Lichtes und der Elektricität und Anwesenheit eines andern chemischen Körpers. Von jedem dieser Fälle wollen wir ein Beispiel geben, um an einer geeigneteren Stelle diese Sache ausführlicher zu behandeln.

Die Wärme weckt die Kräfte, sowohl (K) als (O) in vielen Körpern; (K) z. B. in den Metallen, welche in erhöhter Temperatur oxydirt werden, (O) im Chlor, welches sich mit Wasserstoff zu Salzsäure vereinigt, wenn man das Gasgemenge entzündet.

Das Licht bewirkt augenblickliche Vereinigung von Wasserstoff und Chlor, weckt also in jenem (K) und in diesem (O).

Der elektrische Funke, welcher ein Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff entzündet, besitzt dasselbe Vermögen.

Auch andere Körper wecken (K) und (O); dies geschieht z. B. bei der Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff vermittelst Platinschwamm.

Bei der Vereinigung zweier Körper gehen die eigenthümlichen Kräfte derselben nicht verloren, sondern sie befinden sich nur in einem indifferenten Zustande, insofern nämlich die eine durch ein gleiches Quantum der andern neutralisirt ist.

Alaun kann zerlegt werden in schwefelsaures Kali und schwefelsaure Thonerde, deren jedes den eigenthümlichen Charakter von (K) und (O) besitzt, und zwar wieder eben so viel, wie vor der Vereinigung. Schwefelsaures Kali kann ebenfalls zerlegt werden in Schwefelsäure und Kaliumoxyd; je-

des hat wieder seinen besonderen Charakter und ebenso viel (K) und (O) wie vor der Vereinigung; dasselbe gilt vom Aluminiumoxyd und von der Schwefelsäure.

Einen Beweis hierzu liefert jede chemische Scheidung, wenn wir irgend einen Körper auf diejenigen, welche wir trennen wollen, einwirken lassen. Die Kräfte (K) und (O) sind also nur unthätig, aber nicht vernichtet.

Es ist unmöglich, sich hiervon einen richtigen Begriff zu machen, wenn man annimmt, daß die Moleküle der Verbindung fest an einander liegen; in diesem Falle müßten die einander entgegenwirkenden Kräfte sich vernichten. Bei der Voraussetzung, daß die Moleküle sehr nahe bei einander, aber nicht fest gegen einander liegen, hat die Vorstellung keine Schwierigkeit, daß die Molekularkräfte, welche durch eine gewisse Spannung sich im Gleichgewicht halten, nach außen hin scheinbar so viel verlieren, als dazu erfordert wird, aber daß die Summe der beiden Kräfte wieder zum Vorschein kommt, sobald die Verbindung aufgehoben wird.

Durch dieselbe Ursache also, wodurch die Körper chemisch verbunden werden, bleiben sie auch vereinigt und werden dadurch auch wieder getrennt, wenn stärkere Kräfte darauf wirken. Kupfer z. B. scheidet Silber aus dessen Auflösung in Salpetersäure, befreiet also das Silber vom Sauerstoff und verbindet sich selbst damit. Möge Kupfer 4 (K) Silber 1 (K) und der Sauerstoff des Silberoxyds 3 (O) besitzen, so muß, da 3 (K) 3 (O) neutralisiren kann, Silber mit 1 (K) abgeschieden werden.

Die Ausscheidung chemischer Körper aus ihren Verbindungen durch solche, welche auf den einen Bestandtheil eine größere Kraft ausüben, ist ein unmittelbarer Beweis, daß die chemischen Kräfte nur schlummern, und dies wieder ein Beweis dafür, daß dieselben Kräfte, welche die Körper vereinigen, sie auch vereinigt halten.

b. Chemische Wirkung äußert sich nur in unmeßbaren Entfernungen. Polarität der Moleküle.

Es ist eigenthümlicher Charakter der chemischen Kräfte, daß sie nur in unmeßbaren, nicht in meßbaren Abständen thätig sind. Für die Möglichkeit einer Vereinigung ist es also unerläßliche Bedingung, daß die Theilchen sich so sehr als möglich einander nähern können; weshalb denn auch Körper, welche als dichte Massen sich berühren, meistens keine oder nur eine sehr unvollkommene Wirkung auf einander ausüben, während sie sich in fein zertheiltem Zustande oft schon bei gewöhnlicher Temperatur verbinden. Dies sieht man unter Anderm beim Schwefel und Kupfer, welche in derben Stücken nicht im Mindesten auf einander einwirken, aber fein zertheilt durch Reiben sich vereinigen lassen, wobei zugleich viel Wärme entwickelt wird. Man würde indessen irren, wenn man glaubte, daß die feine Vertheilung hier allein die Ursache der Einigung sei. Das Reiben ist ein kräftiges Hülfsmittel. Daß gleichwohl feine Zertheilung ein Haupterforderniß für die Vereinigung ist, sieht man an den Auflösungen. Wenn wasserfreies schwefelsaures Natron und Chlorbaryum zusammengerieben werden, so erleiden beide Stoffe nicht die geringste Veränderung; aber beim Vermischen ihrer Auflösungen findet totale Zersetzung Statt.

Außer daß die Temperatur aus besonderen Ursachen die Vereinigung befördert, unterstützt sie dieselbe überall vermittelst der Auflösung, wo sie einen der Körper oder beide schmelzen kann. Erhöhte Temperatur befördert die Oxydation der Metalle im Sauerstoffgas dadurch, daß sie in beiden entweder Kräfte weckt, oder sie bis zu einem gewissen Grade erhöht; aber geschmolzenes Blei und sich verflüchtigendes Zink haben durch höhere Temperatur feine leicht bewegliche Theile erhalten, welche dem Sauerstoff gerade die

Seite darbieten können, wie es die Vereinigung fordert. Um also den Einfluß der Temperatur richtig zu würdigen, muß man auch die leichtere Beweglichkeit der Theile in Anschlag bringen. Wie in Salpeterauflösungen, wo sie ganz außer dem Einfluß höherer Wärmegrade liegt, so läßt sie sich auch am feinvertheilten Blei wahrnehmen, welches, mit Luft und Wasser geschüttelt, sich in Bleioxydhydrat verwandelt, während ein Stück Blei unter gleichen Umständen sich ganz unwirksam zeigt.

Zwei Gase, welche mit einem dritten indifferenten gemischt sind, vereinigen sich langsam, aber zuletzt doch vollkommen, z. B. Ammoniak, Kohlensäure und atmosphärische Luft. Bei den Gasen wird also durch die Beweglichkeit der kleinsten Theile die Vereinigung sehr bedeutend unterstützt.

Da nun zum Entstehen einer chemischen Verbindung erforderlich ist, daß die Theilchen gegen einander verschiebbar sind, so scheint daraus zu folgen, daß nicht alle Seiten der Moleküle gleiche Fähigkeit besitzen, sich an ein Molekul von entgegengesetzter Kraft anzulegen, sondern daß diese Eigenschaft nur bestimmten Seiten derselben zukommt. Mit Hülfe des Mikroskops beobachtet man eine heftige rotirende Bewegung der sich vereinigenden Theilchen *). Dies deutet unmittelbar auf eine gewisse Polarität hin, eine Wirkung der Vereinigungskraft in einer bestimmten Richtung.

Eine etwas genauere Betrachtung wird uns zeigen, daß dies nicht anders sein kann. Kalium und Sauerstoff vereinigen sich durch eine Kraft, welche nach der Vereinigung nicht vernichtet ist, und wovon ein Theil nach außen hin wirksam bleibt, ein anderer Theil ist in Ruhe versetzt dadurch, daß zwei entgegenwirkende Kräfte sich neutralisirt haben. Nun muß ein untheilbares Kaliumpartikelchen neben einem ebenfalls untheilbaren Sauerstofftheilchen liegen, etwa (K)(O).

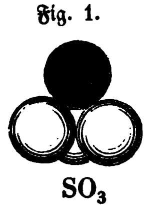
*) Siehe Harting im Bulletin de Neérlande, 1840, p. 287.

Unmöglich kann eins in's andere gedrungen sein vermöge der Undurchdringlichkeit der Materie. Unmöglich kann eins das andere etwa kreisförmig oder sphärisch umschließen, denn die hohle Kugel kann nicht mehr untheilbar sein. Unmöglich kann endlich auch eins sich um's andere stückweise vertheilt haben, weil es ein Molekül ist. Es bleibt also nichts als die Nebeneinanderlagerung übrig. Nehmen wir nun an, daß die Kräfte (K) und (O) in jedem Theilchen Kalium und Sauerstoff überall gleichmäßig vertheilt sind, so muß, da jene einander gegenüberstehen, ihre Wirkung in einer Annäherung der Moleküle bestehen, und es muß da, wo sie einander am nächsten sind, die stärkste Anziehung geäußert werden; mit anderen Worten: man kann sich die Anziehungskraft in der Richtung der Achsen zweier Sphären wirksam denken.

Ein solches zusammengesetztes Molekül kann allein vermöge der allgemeinen Anziehungskraft, der Cohäsion, mit homogenen Molekülen vereinigt werden. Ein Stück Kali läßt sich in kleine Theile zerlegen, ohne Störung des chemischen Gleichgewichts.

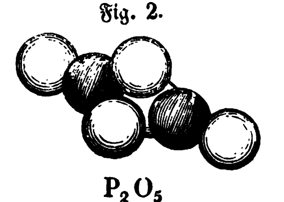
Da Polarität der einfachen Moleküle in der That besteht, so müssen zusammengesetzte Moleküle gleichfalls Polarität besitzen. Diese Vorstellung hat keine Schwierigkeit, wenn aus einem Atom von jedem Element zusammengesetzte Körper eine binäre Verbindung geben, wie das Kaliumoxyd; aber wenn zwei, drei oder mehrere Moleküle des einen mit einem oder zwei vom andern sich vereinigen, dann ist es schwer, sich von der Art und Weise der Verbindung Rechenschaft zu geben. Wie soll man sich z. B. die Polarität der Schwefelsäure und Phosphorsäure vorstellen?

Fig. 1.



SO_3

Fig. 2.



P_2O_5

Es ist wahrscheinlich, daß die Sauerstoffmoleküle, welche hier die größte Zahl ausmachen, um das andere vom Schwefel und Phosphor vertheilt sind, und daß ein Theil derselben die Kraft (K) vom Schwefel und Phosphor neutralisirt; aber wie (K) im Schwefel und Phosphor vertheilt ist, kann man sich mit einiger Wahsrcheinlichkeit nicht denken, eben so wenig, als wie viel vom (O) übrig bleibt, um nach außen wirken zu können.

In jedem Falle ist es wahrscheinlich, daß die einfachen und zusammengesetzten Moleküle sich in bestimmten Richtungen vereinigen, und daß durch die Form, welche die zusammengesetzten Moleküle erhalten, ihr Charakter bestimmt wird. So sehen wir einen natürlichen Zusammenhang zwischen der Gruppirung der Atome und dem Isomorphismus, zwischen ihrer Anzahl und der Krystallform. Wenn die Atome der Schwefelsäure und Selensäure auf gleiche Weise gruppirt sind, so kann man sich von der Erscheinung leicht Rechenschaft geben, daß beide Säuren mit derselben Basis isomorphe Salze bilden, obschon sich aus der Gruppirung der Atome die Krystallform nicht vorausbestimmen läßt.

Noch viel größer wird diese Schwierigkeit, welcher wir eben bei der Verbindung mehrerer Moleküle zu einem Ganzen begegneten, bei der Vorstellung von Polarität organischer sehr zusammengesetzter Moleküle. Wie die Atome im Zucker unter einander verbunden sind, ist nicht auszumachen, eben so wenig bei vielen anderen organischen Stoffen. Aber es ist gewiß, daß die Polarität auch hier nicht verloren gegangen ist, da Zucker ($C_{12}H_{12}O_{11}$) 2 Aeq. Wasser enthält, und diese durch 2 Aeq. Bleioxyd ersetzt werden können; daß also ein bestimmtes Verhältniß zwischen 2 Aeq. Sauerstoff, 2 Aeq. Wasser und Bleioxyd und 9 Aeq. Sauerstoff von $C_{12}H_{18}O_9$ stattfindet. Es ist offenbar, daß der Sauerstoff des Zuckers nach der Vereinigung mit Kohlenstoff und Wasserstoff und nach Neutralisation einer gewissen Quantität der Kräfte (K), durch die Kraft (O) noch einen Theil übrig behalten hat, um es dem Wasser oder Blei-

oxyd gegenüber zu setzen, welche ihrerseits (K) besitzen. Die Elemente des Zuckers lassen den 9 Aeq. Sauerstoff nach Abzug der durch Neutralisation von Kohlenstoff und Wasserstoff unwirksam gewordenen Quantität noch ein Vermögen übrig, andere Körper aufzunehmen, und zwar in einer solchen Menge, welche der Sättigungscapacität von 2 Aeq. Schwefelsäure entspricht. Nämlich

$C_{12}H_{18}O_9$ sättigen 2 PbO
2 SO_3 sättigen 2 PbO.

Wenn wir nun in den Elementen der Schwefelsäure und des Bleioxyds Polarität annehmen und uns vorstellen, daß sämmtliche vom Sauerstoff, Schwefel und Blei ausgehenden Kräfte in der Richtung der Resultanten auf einander einwirken, so müssen wir uns auch die Kräfte der Elemente des Zuckers zu einer gleichen Resultante zusammengesetzt denken, welche in grader Richtung der aus dem Bleioxyd hervorgehenden Resultante entgegenwirkt. Aber wie sich jene daraus construiren läßt, ist nicht mit der geringsten Wahrscheinlichkeit zu bestimmen.

Es giebt indessen eine Klasse organischer Körper, bei denen die Gruppirung der Moleküle nicht zweifelhaft ist, diejenigen nämlich, deren Radikale wir kennen: Acetyl, Formyl, Aethyl, Methyl u. s. w. Bei Verbindungen, deren Radikale wir noch nicht kennen, ist jede Annahme fruchtlos.

In dem Falle nun, wo einfache Körper nur ein Aeq. von einem andern aufnehmen können, sind sie wahrscheinlich unipolar, wenn zwei, bipolar u. s. w. Das Gleiche gilt von zusammengesetzten Körpern. Es ist deshalb wahrscheinlich, daß die Moleküle von zwei-, drei-, vier-, fünfbasischen Säuren ebenso viel polar sind, und daß bei einer dreibasischen Säure (Fig. 3) die drei Aeq. Wasser um die Säure herum liegen, oder 2 Aeq. Wasser und 1 Aeq. Basis oder 1 Aeq. Wasser und 2 Aeq. Basis oder 3 Aeq. Basis.

Fig. 3.

c. Einfluß der Umstände auf die chemischen Kräfte.

Die Erfahrung lehrt, daß ein Körper den andern aus seinen Verbindungen verdrängen kann; daraus folgt, daß in den verschiedenen Stoffen unter sonst gleichen Umständen die chemischen Kräfte ungleichmäßig vertheilt sind. Schwefelwasserstoff wird z. B. unter Ausscheidung von Schwefel durch Jod zersetzt, Jodwasserstoff durch Brom, Bromwasserstoff durch Chlor. Diese einfachen Körper folgen also in Hinsicht ihrer Vereinigungskraft in dieser Ordnung auf einander; Chlor, Brom, Jod, Schwefel. Von den Metallen: Silber, Kupfer, Blei, Zink, schlägt immer das zunächst folgende das vorhergehende aus dessen Auflösung nieder. Das letzte zeigt also die größte, das erste die geringste Verwandtschaft. Die Alkalien und alkalischen Erden haben gegen Schwefelsäure in folgender Ordnung die stärkste Affinität: Baryt, Strontian, Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Ammoniak.

Gleichwohl erleiden die chemischen Kräfte unter Umständen so mannichfache Modificirungen, daß es nach wie vor unmöglich bleibt, bestimmte Regeln darüber festzusetzen. Ist z. B. ein Körper flüchtig, so wird er um so leichter aus seinen Verbindungen ausgetrieben, wie die Kohlensäure und die noch viel stärkere Salzsäure; Phosphorsäure ist durch ihre Feuerbeständigkeit im Stande, selbst die Schwefelsäure zu verjagen. Auch die sehr schwache Kieselsäure, welche aber nicht flüchtig ist, treibt manche anderen stärkeren Säuren beim Glühen aus.

Durch die Neigung eines Körpers, eine unauflösliche Verbindung einzugehen, wird die Vereinigungskraft bedeutend unterstützt. Kohlensaures und essigsaures Kali liefern dafür ein treffendes Beispiel. Ist kohlensaures Kali im Wasser gelös't, so wird die Kohlensäure durch Essigsäure ausgetrieben; aber in Alkohol gelös'tes essigsaures Kali wird

durch Kohlensäure zersetzt, weil das kohlensaure Kali in Alkohol unlöslich ist. Bei doppelter Zersetzung verbinden sich meist die Basen und Säuren mit einander, welche die wenigst auflöslichen Salze bilden.

Die Verwandtschaft bietet unter Umständen die paradoxe Erscheinung dar, daß manche Körper sich viel leichter verbinden, wenn zuvor ein anderer verdrängt werden muß, als wenn sie unmittelbar auf einander einwirken. Wasserfreier Kalk absorbirt keine Kohlensäure, aber Kalkhydrat sehr leicht. Aethyloxyd verbindet sich unmittelbar nicht mit Säuren, aber wohl, wenn die Säure aus dem Alkohol erst Wasser verdrängen muß. Bei der Auflösung eines Metalls in Salzsäure wird der Wasserstoff durch das Metall substituirt, aus $M + Cl_2H_2$ entsteht $MCl_2 + H_2$. In diesem Falle verbindet sich in Folge der Substitution Chlor sehr leicht mit dem Metall, während sich das Metall und das Chlor manchmal unmittelbar gar nicht oder nur sehr schwer vereinigen lassen. Wahrscheinlich ist der doppelten Zersetzung der Salze die doppelte Substitution sehr förderlich (Graham, übersetzt von Otto, I, pag. 357).

Nach Graham ist auch das Vermögen des Kieselsäure- und Thonerdehydrats, Verbindungen einzugehen, während sie sich nach dem Glühen so schwer vereinigen lassen, einer Substitution zuzuschreiben.

Absolute Unlöslichkeit ist nicht allein Ursache der doppelten Zersetzung der Salze, sondern sie findet auch dann schon Statt, wenn eine der beiden neuen Verbindungen oder beide schwerer löslich sind, als die ursprünglichen Salze, z. B. schwefelsaures Natron und salpetersaures Kali. Wird eine Lösung von schwefelsaurem Kupfer mit Chlornatrium vermischt, so ändert sich die blaue Farbe in grüne um, zum Beweise, daß Kupferchlorid entstanden ist. Dies beruht vielleicht bloß auf einer Verwandtschaft, da Salzsäure das schwefelsaure Kupfer und Schwefelsäure das Chlornatrium zersetzt.

Zu den Umständen, von denen die chemische Verwandtschaft zum Theil abhängig ist, gehört auch der Druck. Aus verdünnter Schwefelsäure und Zink wird bei starkem Druck kein Wasserstoff entwickelt, während nach Aufhebung desselben sogleich wieder rasche Gasentwickelung erfolgt.

Kohlensaurer Kalk kann in einem geschlossenen Raume stark geglüht werden, ohne daß Kohlensäure entweicht. Aber leitet man über glühenden kohlensauren Kalk atmosphärische Luft oder Wasserdampf, so wird alle Kohlensäure ausgetrieben. Eisenoxyd in einem Strome von Wasserstoffgas geglüht, giebt Wasser und metallisches Eisen; aber Wasserdampf über glühendes Eisen getrieben, giebt Wasserstoffgas und Eisenoxyd. Hier ist es die den festen Körper umgebende Atmosphäre, welche die Verwandtschaft modificirt; und diese Erscheinungen gehören in das Gebiet der Diffusionserscheinungen der Gase. Solche und ähnliche Umstände sind also, wie wir sehen, für die Vereinigung und Trennung der Körper von sehr wesentlichem Einfluß.

Wenn die Körper sich in mehreren und zwar bestimmtern den natürlichen ganzen Zahlen entsprechenden Verhältnissen verbinden, so müssen auch den Kräften, von welchen jene Verhältnisse abhängen, verschiedene Werthe zugeschrieben werden, und wir müssen uns vorstellen, daß ein Element, welches sich bereits mit einem andern in irgend einem Verhältnisse vereinigt hat, von diesem erst dann wieder eine neue Quantität aufzunehmen vermag, wenn die chemische Thätigkeit wieder bis zu einem gewissen Grade gesteigert ist.

Wird z. B. Eisen an der Luft schwach erhitzt, so bildet sich Eisenoxydul, bei stärkerem Erhitzen Eisenoxyd. Wie können nun durch ein und dieselbe Ursache, wie die Wärme, Eisen und Sauerstoff sich in zwei verschiedenen Proportionen verbinden?

Nehmen wir an, daß bei gewöhnlicher Temperatur der

Luft Eisen und Sauerstoff ein Vereinigungsbestreben haben, daß aber noch kein Verhältniß zwischen den Kräften (K) und (O) besteht, so oxydirt sich das Eisen nicht. Dies ist der Fall in trockner Luft. Durch Erhitzen des Eisens wird darin die Kraft (K), und in dem umgebenden Sauerstoff die (O) Kraft geweckt. Nur dann, wenn unter diesen Verhältnissen die beiden entgegengesetzten Kräfte ein gleich großes Maximum bekommen, findet Neutralisation und Vereinigung zu Eisenoxydul Statt. Dies Maximum wird in schwacher Rothglühhitze erreicht. Erhitzen wir Eisenoxydul und Sauerstoff noch höher, so wachsen die Kräfte von Neuem, und wenn sie wiederum ein Maximum erreicht haben, wird Eisenoxyd gebildet.

Wieder ganz anders müssen wir uns die Entstehung anderer Verbindungen erklären. Der Schwefel z. B. oxydirt sich zu schwefliger Säure oder Schwefelsäure nur unter bestimmten und ganz verschiedenen Verhältnissen.

Bei der Verbrennung in der Luft wird durch die hohe Temperatur im Schwefel die Kraft (K) und im Sauerstoff (O) geweckt, in dem Maaße, daß in Folge ihrer Neutralisation schweflige Säure entsteht. Ganz anders verhält es sich mit der Oxydation zu Schwefelsäure. Hier kommt die schweflige Säure mit einem Stoff in Berührung, welcher bekanntlich in anderen Körpern die chemische Thätigkeit anregen und dabei selbst 1 Aeq. Sauerstoff abgeben kann, nämlich die salpetrige Säure N_2O_3. Diese weckt in der schwefligen Säure die Kraft (K) von Neuem und befördert die Vereinigung mit 1 Aeq. Sauerstoff noch dadurch, daß sie jener, wie wir uns ausdrücken, den Sauerstoff im statu nascenti darbietet; mit anderen Worten: die schweflige Säure, welche mit freiem Sauerstoff gemengt sich nicht oxydirt, vereinigt sich leicht mit dem der salpetrigen Säure, weil diese der Kraft (K) der schwefligen Säure ein entsprechendes Quantum (O) entgegengesetzt. Denn der Sauerstoff muß in dem

Augenblicke, wo er der salpetrigen Säure entzogen wird, eine gleiche Quantität (O) besitzen, welche bei der frühern Vereinigung mit Stickoxyd: N_2O_2 in ihm geweckt war. Auf gleiche Weise wirkt die salpetrige Säure bei der Auflösung des Goldes in Salpetersäure, nämlich erstens dadurch, daß sie im Golde die Kraft (K) weckt und daß sie ferner jenem (K) in dem, im statu nascenti befindlichen, Chlor die Kraft (O) entgegensetzt.

Bei gewöhnlicher Temperatur verbindet sich Phosphor mit Sauerstoff und bildet die phosphorige Säure. Zur Erzeugung der Phosphorsäure bedarf es einer höhern Temperatur, nämlich der Verbrennungstemperatur des Phosphors.

Es ist also bald dieser, bald jener Umstand, oft die Anwesenheit eines dritten Stoffs, oft erhöhte Temperatur, Licht, oder Elektricität, welche die schlummernden Kräfte wecken und einfache und zusammengesetzte Körper disponiren, neue Verbindungen einzugehen.

d. Katalyse; Moleküle in Bewegung.

Berzelius hat mit dem, was er »Katalyse« *) nennt, auf ein Vermögen mancher Stoffe aufmerksam gemacht, durch bloße Gegenwart chemische Thätigkeit zu wecken, ohne selbst dabei chemisch verändert zu werden. Diese Kraft unterscheidet sich also von der gemeinen chemischen Thätigkeit, welche von einem Körper ausgeht und sich auf den andern überträgt, welche aber immer auf beide zurückwirkt, wie dies der Fall ist, wenn Schwefelsäure und Natron sich neutralisiren. Kommt Sauerstoff mit Blei in höherer Temperatur in Berührung, so verbinden sie sich gleichfalls. Selbst wenn die Wirkung bloß vom Sauerstoff aus auf das Blei überginge, so würde ersterer dennoch an der Vereinigung Theil nehmen.

Ganz anders verhält es sich mit den katalysirenden

---

*) Jahrbuch für 1836 von Schumacher p. 88.

Stoffen. Platinaschwamm condensirt Wasserstoffgas, und wenn Sauerstoff dazu kommt, wird Wasser gebildet, ohne daß das Platin selbst eine Veränderung erleidet. Hunderte von Pfunden Wasserstoff und Sauerstoff lassen sich durch ein kleines Stückchen Platinschwamm vereinigen. Es geht also vom Platin eine Kraft aus, welche Wirkungen hervorbringt, an denen das Platin selbst nicht Theil nimmt. Diese Kraft nennt Berzelius Katalyse. Was für eine Kraft dies sei, ist nicht recht klar, aber es ist erwiesen, daß sehr viele ähnlicher Art den chemischen Körpern inwohnen.

Unter den Stoffen, welche chemische Thätigkeit in andern wecken und selbst eine Rückwirkung erleiden, sind ohne Zweifel die meisten durch katalytische Kraft angeregt. Vielleicht ist die Katalyse bei allen chemischen Verbindungen und Zersetzungen im Spiel; so daß z. B., wenn sich Schwefelsäure und Natron verbinden, von beiden Kräfte ausgehen, gleich der des Platins, wenn es mit verschiedenen Gasen in Berührung kommt. Man kann die, chemische Thätigkeit erregende, Kraft geradezu Katalyse nennen; mag nun der katalysirende Körper selbst totale Veränderung erleiden, oder ganz außerhalb des Wirkungskreises seiner chemischen Thätigkeit bleiben. Zu den rein katalytischen Erscheinungen werden indessen nur diejenigen gezählt, wo den Vereinigung bewirkenden Stoffen selbst die Fähigkeit mangelt, an derselben Theil zu nehmen.

Nicht bloß als Schwamm besitzt das Platin jene Eigenschaft, sondern auch als zusammenhängende feste Masse, so daß, wenn man in ein Gasgemenge von Wasserstoff und Sauerstoff ein Platinblech bringt, nach einigen Stunden alles Gas verschwunden und Wasser gebildet ist.

Platin ist wiederum nicht das einzige Metall; alle porösen Körper haben jenes Vermögen in größerem oder geringerem Grade. Thénard und Dülong haben darüber eine Menge Versuche angestellt und dargethan, daß auch

Glaspulver und andere Körper, aber erst bei einigermaßen erhöhter Temperatur, dieselbe Eigenschaft besitzen; Glas z. B. bei 300°, Gold und Silber bei einer etwas niedrigeren Temperatur.

Schon früher hat Humphry Davy gefunden, daß Platin, den Dämpfen von Alkohol und Aether ausgesetzt, erglühte und eine Vereinigung jener Körper mit dem Sauerstoff der Luft bewirkte. Edmund Davy entdeckte darauf den Platinmohr und dessen Vermögen, mit Alkohol befeuchtet zu erglühen und Essigsäure zu erzeugen. Noch vor der Entdeckung von Thénard und Dülong hat Döbereiner gezeigt, daß Wasserstoff und Sauerstoff durch Platinschwamm entzündet werden. Thénard und Dülong wiesen jene Eigenschaft noch für viele andere Körper nach.

Diesen Erscheinungen hat Berzelius noch die des Wasserstoffsuperoxyds angereiht, welches, in Berührung mit Platin, Silber, Mangansuperoxyd und selbst mit organischen Stoffen, wie dem Faserstoff, in Wasser und Sauerstoff zerfällt*).

Ueberall, wo der feste Körper sich mit allem Sauerstoff verbindet, ist natürlich nur die gemeine chemische Kraft thätig; aber wo eine solche Vereinigung nicht Statt findet und die bloße Berührung Ursache der Zersetzung ist, nennt Berzelius die Erscheinung Katalyse.

Dazu muß ferner die Umwandlung des Alkohols in Aether durch Säuren gerechnet werden. Schwefelsäurehydrat, in welches man bei erhöhter Temperatur Alkohol eintropft, verdünnt sich nicht, sondern es destillirt ein Gemenge von Aether und Wasser über. Die Schwefelsäure katalysirt also bei jener Temperatur die Elemente des Alkohols zu Aether und Wasser, ohne selbst mit einem der beiden sich zu ver-

---

*) Daß hierbei auch ein Theil des Sauerstoffs vom Faserstoff aufgenommen und Oxy-Protein gebildet wird, ist bereits bekannt (Scheikondige onderzoekingen, D. 1).

binden. Andere, zumal stärkere Säuren wirken auf gleiche Weise.

Hieher gehören auch noch die Veränderungen, welche Stärke durch Schwefelsäure erleidet, wenn sie in Dextrin oder in Zucker verwandelt wird; ferner die Verwandlung der Stärke, des Gummis und des Zuckers durch Säuren in Humussäure, Ulminsäure und Ameisensäure, endlich die Einwirkung des Emulsins auf Amygdalin. In diese Reihe von Erscheinungen bringt Berzelius noch manche andere aus dem Bereiche der organischen Chemie, z. B. die Veränderung der Stärke in Gummi und Zucker durch Diastase, die des Zuckers in Kohlensäure und Alkohol durch Ferment; und die mannigfachen Umsetzungen der organischen Gebilde im Thier- und Pflanzenkörper.

Ohne Zweifel kann die Wirkungsweise der Diastase dahin gerechnet werden. Eine äußerst geringe Menge desselben zersetzt eine große Quantität Stärke; aber es ist auch möglich, daß die Diastase selbst in Veränderung begriffen, und daß hier also keine reine katalytische Kraft wirksam ist. Besonders ist das bei dem Ferment der Fall, wenn es den Zucker in Kohlensäure und Alkohol zerlegt, und wahrscheinlich viel mehr noch bei den thierischen Sekretionen.

Dies hat Liebig bewogen, die Katalyse ganz und gar zu leugnen*) und die Sache auf eine ganz andere Weise zu erklären. Er nimmt nämlich in den Stoffen, welche nach Berzelius Ansicht die Fähigkeit besitzen, Kräfte zu wecken ohne an dem Erfolge Theil zu nehmen, chemische Kräfte in Thätigkeit an und meint, daß dadurch dieselbe chemische Thätigkeit auch in anderen Stoffen geweckt werden kann. Hierauf hat Liebig den von La Place und Berthollet ausgesprochenen Satz in Anwendung gebracht: daß nämlich ein in Bewegung gesetztes Molekül seine Bewegung

*) Chimie organique, Introduction.

einem andern mitzutheilen vermag; welches sich damit in Berührung befindet. Die Hefe ist nach Liebig in einer fortdauernden Zersetzung begriffen, wobei sie in ihre Elemente zerfällt, und ist vermöge dieser Umsetzung ihrer Elemente im Stande, auch das Gleichgewicht der chemischen Kräfte im Zucker zu stören und die Zersetzung in Alkohol und Kohlensäure zu veranlassen.

Obgleich es bewiesen zu sein scheint, daß das Ferment bei der Alkohol-Gährung verändert wird und daher nicht eigentlich den Zucker katalysirt, so gehört doch diese Reihe chemischer Erscheinungen nicht zu den gewöhnlichen. Wir müssen daher drei Arten chemischer Wirkung unterscheiden:

1. Diejenige, welche von einem Stoff ausgeht, ohne ihn selbst zu afficiren, sondern welche bloß auf andere Körper übertragen wird (Katalyse).

2. Diejenige, welche von einem Stoff auf einen andern übergeht, wobei auch der erstere sich zersetzt, ohne indeß den neuen Produkten einen seiner Bestandtheile zu leihen (Fermentation).

3. Diejenige, welche auf die Stoffe, von denen sie ausgeht, zurückwirkt, wo beide an der Zersetzung Theil nehmen und gemeinschaftliche Produkte liefern (gewöhnliche chemische Wirkung).

Von dieser letzten chemischen Thätigkeit ist bereits hinlänglich die Rede gewesen; wir wollen daher nur bei den beiden ersten ein wenig verweilen.

Katalyse. Meiner Ansicht zufolge übt das Platin bei der Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser, die Schwefelsäure bei der Aetherbildung und der Verwandlung der Stärke in Gummi und Zucker, und verdünnte Säure bei der Verwandlung des Zuckers in Gummi eine ganz besondere von der gewöhnlichen chemischen Thätigkeit verschiedene Wirkung aus. Mit Unrecht ziehen wir manche ähnliche Erscheinung in das Gebiet der rein chemischen Wir-

kung. Z. B. bei der Auflösung des Goldes oder des Platins in Königswasser nimmt die salpetrige Säure an der Verbindung keinen Theil; und doch ist die Gegenwart der salpetrigen Säure oder eines andern kräftigen Agens durchaus nothwendig, soll sich das Chlor mit jenen Metallen vereinigen.

Noch stärker fällt dies an einem schon oben angeführten Beispiel in die Augen, wo nämlich ein Körper, dessen Gegenwart für die Vereinigung zweier Stoffe unerläßliche Bedingung ist, nach ihrer Verbindung wieder ausgeschieden wird, ich meine das Wasser in Berührung mit Kalk und Kohlensäure (S. 43), ohne dessen Mitwirkung jene unverbunden bleiben, so wenig es selbst an der neuen Verbindung Theil nimmt.

Mit welchem Namen wir auch die Ursache dieser Erscheinungen belegen mögen, es bleibt gewiß, daß manche Stoffe andere zur Vereinigung disponiren, so daß ohne sie jene nicht erfolgen würde. Was Berzelius Katalyse nennt, ist also eine besondere Art der Fähigkeit, chemische Thätigkeit zu wecken.

Wie können wir uns die katalytische Wirkung vorstellen?

In den Elementen ruhen gewisse Molekularkräfte, deren wir eine kennen gelernt haben als sehr vermögend, Vereinigung ungleichartiger Stoffe zu bewirken. Meistens erstreckt sich ihre Thätigkeit auf die Körper, von denen sie ausgeht, selbst zurück. Katalyse ist dieselbe Kraft, nur daß der Körper, von welchem sie ausgeht, von der chemischen Wirkung ausgeschlossen bleibt.

Wenn wir durch ein Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff einen elektrischen Funken schlagen lassen, so fangen zuerst zwei Moleküle, Wasserstoff und ein Molekül Sauerstoff, an sich zu verbinden, und von hier aus theilt sich die Wirkung der ganzen

Masse mit. Hier sind in dem Sinne von La Place und Berthollet Moleküle in Bewegung. In diesem Beispiel haben wir eine von zwei Molekülen Wasserstoff und einem Molekül Sauerstoff ausgehende Wirkung, welche sich einer unendlichen Menge Wasserstoff und Sauerstoffmoleküle mittheilt, ohne daß jene beiden an der folgenden Wirkung ferner Theil nehmen.

Bei der Katalyse sehen wir etwas Aehnliches: Platinschwamm bleibt bei der Vereinigung von Wasserstoff mit Sauerstoff unverändert, aber im Vergleich mit dem durch den elektrischen Funken entzündeten Gasgemenge zeigt sich der Unterschied, daß das Platin sich in dem Zustande in Bewegung gesetzter Moleküle befindet, ohne daß äußere Ursachen darauf Einfluß zu haben scheinen.

Es wäre der Mühe werth zu versuchen, ob Platin noch bei starker Kälte jenes Vermögen besitzt; es ist sehr wahrscheinlich, daß es nicht bei jeder Temperatur diese Eigenschaft behalten wird. Wenigstens äußert feines Glaspulver ein gleiches Vermögen erst bei 300°, gleichfalls wird eine bestimmte Temperatur erfordert, um Alkohol durch Schwefelsäure in Aether und Wasser zu zerlegen, um Gummi aus Zucker zu erzeugen, und um Stärke in Gummi und Zucker zu verwandeln. Ein Blick auf die Reihe katalytischer Erscheinungen überzeugt uns, daß der Einfluß der Temperatur jederzeit wesentlich ist. Die Erfahrung lehrt, wie sehr die Wärme die chemischen Kräfte modificirt. Am deutlichsten beweisen dies die unzähligen Produkte der trocknen Destillation bei verschiedenen Temperaturen. Wenn nun die sogenannten katalysirenden Körper andere dadurch katalysiren, daß sie die Wärme vermitteln, wenn es z. B. die Wärme ist, welche den Alkohol in Aether und Wasser zerlegt, aber vermittelst der Schwefelsäure auf den Alkohol übertragen wird, dann hat die Annahme der Katalyse nichts Anstößiges.

Wie dem nun sei, unzweifelhaft giebt es manche Fälle,

wo chemische Wirkung von einem Körper ausgeht, ohne daß er selbst eine Veränderung erleidet; und obwohl dies von der gewöhnlichen chemischen Thätigkeit abweicht, so scheint jene Vorstellung doch mit Nichts zu streiten und nicht mehr Schwierigkeiten zu verursachen, als wenn zwischen beiden chemisch thätigen Körpern Vereinigung stattfindet.

Jene Eigenthümlichkeit des Platinschwammes ist von Manchen eine Wirkung der Oberfläche genannt, und auf gleiche Weise Alles, was mit jener Wirkung des Platins übereinkommt, der Flächenanziehung zugeschrieben. Ich für meinen Theil verstehe eben so wenig mir von Flächenanziehung, als von der Contaktwirkung eine klare Vorstellung zu machen. Die Oberfläche kann keine chemische Wirkung hervorbringen; es muß der Stoff selbst sein, von dem sie ausgeht; oder vielmehr in der Materie liegende Kräfte, welche unter gewissen Umständen, besonders bei feiner Zertheilung, sich äußern, während sie sonst ruhen.

Wenn wir die Sache umkehren und annehmen, daß die Körper durch seine Zertheilung keineswegs ein neues Vermögen erhalten, sondern daß im Gegentheil, wenn derbe Massen einander berühren, die Molekularkräfte zu wirken behindert werden und in einen schlummernden Zustand übergehen, so sind wir, glaube ich, der Wahrheit am nächsten.

Derbes Eisen besitzt nur ein geringes Vermögen sich zu oxydiren; im fein vertheilten Zustande dagegen kann es selbst bei einer niedrigen Temperatur mit atmosphärischer Luft nicht in Berührung kommen, ohne augenblicklich zu erglühen und sich mit dem Sauerstoff zu verbinden. Kobalt, Nickel und Uran besitzen dieselbe Eigenschaft (Magnus). Es ist Thatsache, daß jene schwammartigen Metalle, welche man aus ihren Oxyden durch Reduktion vermittelst Wasserstoff, und bei möglichst niederer Temperatur erhält, aus der Luft schnell Sauerstoffgas aufnehmen und verdichten; aber ist diese Verdichtung die Wirkung einer dem Eisen eigenthümlichen

Kraft, oder ist sie irgend einer äußern Ursache zuzuschreiben? Und wenn es ungereimt ist, jenes Vermögen von etwas anderm als dem Eisen selbst herleiten zu wollen, so fällt dasselbe mit chemischer Anziehung zusammen.

Der Ausspruch: »corpora non agunt nisi soluta« verändert in: »corpora non agunt nisi divisa« mag dies veranschaulichen.

Die chemische Wirkung ist zwischen Molekülen thätig, nicht zwischen Massen. In diesen sind die chemischen Kräfte gelähmt, sie schlummern. In den Molekülen, könnten wir die aller Elemente isoliren, würden wir jene mit Energie auftreten sehen.

Es ist keine Frage, daß von Platinschwamm — d. h. von Platin, welches so fein zertheilt ist, daß es sich der molekulären Form nähert — dasselbe gilt, was wir so eben vom Eisen-, Kobalt-, Nickel- und Uran-Schwamm angenommen haben. Das Platin besitzt jene Eigenthümlichkeit sogar im geringern Grade. Die Moleküle der anderen Metalle verdichten die Gase um sich herum, und geschieht dies mit Sauerstoff, so findet gleichzeitig Oxydation Statt. Die eine Molekularwirkung ist Folge der andern, indem bestimmte Mengen zweier Stoffe sich fest an einander anschließen und in Verbindung bleiben. Das letzte ist bei dem Platin nicht der Fall; es besitzt daher eine Eigenschaft weniger als das Eisen.

Die Aeußerungen der Molekularkräfte ohne Mitwirkung anderer Umstände finden wir bei allen Elementen, wenn wir sie nur fein genug zertheilen können. Eine Menge Metalle in Pulverform entzünden sich im Chlorgas bei gewöhnlicher Temperatur. Das Vermögen, Glühhitze und eine chemische Vereinigung zu erzeugen, ist im Chlor und dem Metall vorhanden; es bedarf bloß der gegenseitigen Berührung, um jene Phänomene hervorzubringen. Weinsaures Blei giebt beim Erhitzen fein zertheiltes Blei ($Pb\ O + C_4\ H_4\ O_5 = Pb +$

$4CO + 2H_2O$). Dieses Blei ist ein vortrefflicher Pyrophor und kann mit der Luft nicht in Berührung kommen, ohne sich augenblicklich zu oxydiren, selbst wenn es zuvor mit Kohlensäure gesättigt ist. Die ganze Klasse der pyrophorischen Körper zeigt es uns noch deutlicher, wie wirksam und kräftig sich die Elemente beweisen, wenn wir sie nur in einem fein vertheilten Zustande in Berührung bringen. Phosphor und tropfbar flüssiges Brom vereinigen sich mit Heftigkeit. Tränkt man ein Papier mit einer Auflösung von Phosphor in Schwefelkohlenstoff, so verdampft letzterer an der Luft und läßt sehr fein vertheilten Phosphor zurück, welcher sogleich Sauerstoff aus der Luft aufnimmt, sich erhitzt und das Papier entzündet.

In allen diesen Erscheinungen kann man nichts anders als Molekularkräfte, welche man auch chemische nennt, erblicken; deren Wirkung nicht von den Massen, sondern von den zunächst liegenden Molekülen ausgeht.

Deshalb verhalten sich die chemischen Stoffe als chemische auch ganz anders, als sie sich uns in Massen zeigen.

Es giebt noch einen Körper, welcher besondere Aufmerksamkeit verdient, nämlich die Kohle im fein vertheilten Zustande. Ihre Eigenschaft, Gase zu verdichten und Metallsalze, Farbestoffe u. s. w. zurückzuhalten, wird einer Flächenanziehung zugeschrieben. Hier sehen wir indessen in so vielen Fällen rein chemische Wirkung auftreten, daß über die eigentliche Ursache kein Zweifel sein kann. Frisch ausgeglühte Kohle zu größeren Massen angehäuft und der Luft ausgesetzt, geräth in Brand, Schwefelwasserstoff und Sauerstoff, gleichzeitig davon absorbirt, bilden Wasser, und Schwefel scheidet sich aus.

Eine Auflösung von essigsaurem Blei, durch Kohle filtrirt, läßt metallisches Blei mit der Kohle verbunden zurück.

Stellen wir also fest, daß die bekannten Eigenschaften der Kohle von der chemischen Tension der Kohlenstoff-Mole-

küle abzuleiten sind, welche bei der sehr porösen Kohle durch Cohäsion nicht geschwächt ist.

Platin besitzt in einem hohen Grade chemische Tension, aber der Art, daß sie nicht auf dasselbe zurückwirkt. Auch als derbe Masse mangelt ihm die Tension eben so wenig ganz, als ein Stück Eisen das Vermögen, Sauerstoff anzuziehen und sich damit zu verbinden, ganz verloren hat.

Aus dem Obigen folgt, daß wir berechtigt sind, die Wirkungen, welche von Stoffen ausgehen, ohne auf sie zurückzuwirken, durch einen besondern Namen zu unterscheiden, und daß wir Berzelius durch die Unterscheidung der Katalyse eine bestimmte Bezeichnung für eine Art der gewöhnlichen chemischen Wirkung verdanken.

Was wir gewöhnlich mit dem status nascens bezeichnen, ist ein Zustand der Elemente, in welchem sie sowohl analytische als katalytische Erscheinungen darbieten, in welchem sie sich — frei und unverbunden und außer dem Einfluß der Cohäsion — verhalten, wie sie als chemische Körper eigentlich sind, thätig und befähigt, auf andere Körper einzuwirken, schlummernde Kräfte zu wecken und Verbindungen und Scheidungen hervorzubringen, woran sie selbst entweder ganz oder gar keinen Antheil nehmen. Der status nascens ist der eigentliche status chemicus der Körper. Darin zeigen sie sich, wie sie eigentlich sind, die Elemente sowohl, wie die zusammengesetzten Körper. In diesem Zustande befinden sich die meisten organischen Stoffe, dem status nascens müssen die vielen Eigenthümlichkeiten desselben zugeschrieben werden.

In diesem Sinne scheint mir das, was Liebig Bewegung eines Moleküls genannt hat, aufgefaßt werden zu müssen. Denn was chemische Veränderungen erzeugt, kann nicht eine bloße Bewegung sein, sondern kann nur herrühren von einer in Wirksamkeit befindlichen chemischen Thätigkeit, von gestörtem chemischen Gleichgewicht, von der Ueberwindung der Cohäsionskraft und der Zurückführung der Elemente in

ihren freien ungebundenen, eigentlich chemischen molekulären Zustand.

Gestörtes chemisches Gleichgewicht. In gewissen Körpern thätige chemische Kräfte haben die Fähigkeit, in andern Stoffen ähnliche Kräfte in Anregung zu bringen. Besonders die organische Natur liefert dazu unzählige Beispiele, und keins ist auffallender, als die thierische Ernährung. Das Blut, eine homogene Flüssigkeit, strömt durch sehr verschiedene Körpertheile. In den Muskeln setzt es Muskelfaser ab, in der Leber die Bestandtheile derselben und die Galle, in den Nieren den Nierenstoff und den Harn u. s. w.

Keiner dieser Stoffe kommt in einiger Menge im Blute vor, von manchen sogar nicht die geringste Spur. Aber die vier Elemente, aus denen alle gebildet sind, finden sich im Protein und dessen Verbindungen und dem Farbestoffe des Blutes. Durch bloße Katalyse können ohne Zweifel die Elemente des Proteins in der Leber u. s. w. umgesetzt und daraus Lebersubstanz und Galle gebildet werden, d. h bloße Berührung der Lebersubstanz mit den Bestandtheilen des Blutes reicht dazu hin, ohne daß die Vereinigungskräfte, welche in der Leber u. s. w. ruhen, auf das Protein einwirken und dessen Bestandtheile chemisch verändern.

Aber ohne Zweifel kommen auch andere Ursachen dabei mit in Betracht. In der Leber geht von Anfang ihres Bestehens an ein beständiger Wechsel ihrer Bestandtheile vor sich, chemische Kräfte sind in ihr in Thätigkeit. Stetiger Stoffwechsel ist das Hauptkennzeichen der lebenden organischen Körper. Jene Kräfte vermögen das chemische Gleichgewicht anderer Stoffe zu stören und neue Verbindungen hervorzubringen. Wenn nun die Elemente des Blutes, die Proteinverbindungen, der Farbstoff u. s. w. in eine in chemischer Wirksamkeit begriffene Leber eintreten und daselbst mit der Galle und der in stetiger Veränderung begriffenen Lebersubstanz in Berührung kommen, so muß der einmal eingeleitete

Stoffwechsel sich den Bestandtheilen des Blutes mittheilen und die Gallenabsonderung u. s. w. unterhalten. Ist umgekehrt das Blut in Zersetzung begriffen, so muß die Thätigkeit sich auf die Elemente der Lebersubstanz fortpflanzen. Derselbe Proceß wiederholt sich in allen übrigen Organen.

Wie aber die Zersetzung ursprünglich beginnt, ob sie vom Blut oder dem abscheidenden Organ ausgeht, oder ob beide gleichzeitig daran Theil haben, wissen wir eben so wenig, als uns bekannt ist, wie der erste Keim zu einem ganzen Organ, von der Leber entsteht, oder wie der Samen des Thieres zu einem Thier wird. Aber das Anhalten der Wirkung und die Fortdauer der Abscheidung schließt sich ganz eng an manche andere Erscheinungen, welche wir für sich beobachten können, und welche über diese thierischen Functionen viel Licht verbreiten; vor Allem der Gährungsproceß. Aus den Gährungserscheinungen hat besonders Liebig viel geschöpft, um seine Ideen zu veranschaulichen; darum wollen auch wir sie uns zu Nutze machen.

Hefe verwandelt den Zucker in Alkohol und Kohlensäure durch ihre eigene Zersetzung, welche sich einfach dem Zucker mittheilt. Setzen wir für »Hefe«, »Blut« und für »Zucker« »Leber«, so wird uns die Absonderung der Galle mehr oder weniger begreiflich. Das Blut wechselt unaufhörlich seine Bestandtheile. Stetiger Stoffwechsel ist für die organischen Körper Hauptbedingung ihrer Fortdauer. Die Leber nimmt fortwährend neue Stoffe auf, während sie andere verliert. Das versteht man unter Ernährung.

Bei dieser Umsetzung des Blutes in Lebersubstanz werden chemische Kräfte geweckt, welche sich den Elementen des Blutes mittheilen und so die Gallenbildung veranlassen, was um so eher geschieht, als das Blut selbst schon in beständiger Zersetzung begriffen ist und daher dem erhaltenen Eindruck keinen Widerstand entgegensetzt. Die Wirkung verändert sich mit dem Eindruck. Daher die große Mannigfal-

tigkeit in der Abscheidung ungleichartiger, im Zustande der Zersetzung befindlicher Stoffe aus einer in gleicher Zersetzung begriffenen Flüssigkeit, dem Blute.

Daß übrigens bei der Ernährung Katalyse nicht ganz ausgeschlossen ist, lehrt die Reproduction des Zellgewebes, welches aus den Bestandtheilen des Blutes gebildet werden muß, und die aller secernirenden Organe, welche außer der Erzeugung jenes Secrets sich selbst erhalten und aus dem Blute ihre eigenen Bestandtheile abscheiden können.

Dazu müssen alle festen Theile des Körpers, welche Proteinverbindungen sind, gezählt werden. Die Muskeln besitzen z. B. das Vermögen, Protein aus dem Blute abzusondern und in Faserstoff zu verwandeln; umgekehrt wird bei Mangel am Protein im Blute das Fibrin aus der Muskelfaser aufgenommen und daraus wieder Blut-Protein erzeugt, z. B. bei langwierigen Krankheiten und der Auszehrung. Es ist also eine Eigenthümlichkeit der Muskelfaser, bei Ueberfluß von Protein im Blute durch bloßen Contakt Muskel-Fibrin zu erzeugen. Man muß diese Erscheinung derselben Ursache zuschreiben, durch welche Krystalle aus Salzauflösungen anschießen. Wenigstens ist es eine ganz besondere Thätigkeit, verschieden von der gewöhnlichen chemischen, wenn aus dem Plasma des Blutes Faserstoff gebildet wird, dessen Zusammensetzung sich von der des Plasma nicht wesentlich unterscheidet; eben so bei der Erzeugung der Haare, Nägel und Hörner, welche nicht abfallen.

Beschränken wir uns jetzt darauf, den Einfluß der in Wirksamkeit befindlichen Kräfte auf das Wecken neuer Kräfte in andern Körpern im Allgemeinen zu betrachten.

In der anorganischen Chemie finden wir dazu einige Beispiele, denen wir besondere Aufmerksamkeit schenken müssen. Platin z. B. wird in Salpetersäure nicht angegriffen, aber ist es zuvor mit Silber legirt, so lös't es sich eben so wie das Silber. Der oxydirende Zustand, in welchem das

Silber sich befindet, theilt sich dem Platin mit, welches für sich diesen Zustand nicht annehmen kann (Liebig). Kommt Wasserstoffsuperoxyd mit Silberoxyd oder Bleisuperoxyd in Berührung, so verliert nicht bloß jenes Sauerstoff, sondern auch die genannten Metalloxyde.

Die Störung des chemischen Gleichgewichts in einem Körper geht also auf den andern über, und die Bewegung, welche die Moleküle des einen Körpers erhalten haben, theilen sich einem andern mit.

Die Elemente mancher chemischen Verbindungen hängen sehr lose zusammen und befinden sich in einem derartigen Zustande der Spannung, daß geringe äußere Ursachen hinreichen, um das chemische Gleichgewicht zu stören und neue Produkte zu erzeugen. Dahin gehört das Chloroxyd, Jodstickstoff, die knallsauren Salze u. s. w. Daß solche in Berührung mit anderen in Zersetzung begriffenen Stoffen sehr leicht das chemische Gleichgewicht in anderen Verbindungen stören, ist leicht begreiflich. Das Wasserstoffsuperoxyd gehört ganz dahin. Aber die meisten chemischen Körper verändern diese Verbindungen, diese Neutralität oder das Gleichgewicht der Kräfte nicht, wenn sie nicht selbst mit einem oder mehreren Elementen desselben sich vereinigen können.

So entwickelt Schwefelsäure aus dem Mangansuperoxyd nur deshalb Sauerstoff, weil sie sich mit dem Manganoxydul zu verbinden strebt. Wärme, Licht, Elektricität u. s. w. können die Moleküle wohl in Bewegung setzen und bei verschiedenem Grade Verbindungen hervorrufen, aber bei den organischen Stoffen gewahren wir, daß eine geringfügige Störung der chemischen Thätigkeit von einem kleinen Theil aus sich durch die ganze Masse verbreitet, oder von einem Stoff auf einen andern übergeht. Wenn z. B. eine organische Materie an einer Stelle in Fäulniß geräth, so ist binnen Kurzem die ganze Masse davon ergriffen. Ein Stück faules Holz, an einem gesunden befestigt, bringt auch dieses bald

zum Faulen. Die gestörte Wirkung der organischen Kräfte stört also ihrerseits wieder andere. Hiermit steht in Verbindung, was wir bei der Krystallisation und der Entzündung des Schießpulvers beobachten. Eine concentrirte Salzlösung kann sich lange in diesem Zustande erhalten, ohne daß sich Krystalle ausscheiden; aber sobald ein kleiner Krystall sich abgesetzt hat, folgt sogleich eine große Menge nach. Ein Körnchen Schießpulver kann eine große Masse entzünden. Bei der Verdauung sehen wir das Bilin hauptsächlich thätig, insofern von ihm eine chemische Wirkung ausgeht, welche die Assimilation unterstützt; denn es setzt sich sehr leicht in Bilifellinsäure und Cholinsäure um. Das schlagendste Beispiel liefern alle Arten der Gährung.

Gährung. Sehr viele organische Stoffe im flüssigen Zustande zeigen, wenn sie einer bestimmten Temperatur ausgesetzt werden, eine innere Bewegung, es entsteht Gasentwickelung, und sie erleiden dabei eine chemische Veränderung. Alle Pflanzensäfte, besonders die zuckerhaltigen, sind in diesem Falle. Eine solche Veränderung wird durch die verschiedensten Stoffe hervorgebracht, aber immer sind es sehr zusammengesetzte organische Körper. Je complicirter die Gruppirung der Elemente einer organischen Verbindung ist, um so leichter vermögen sie sich umzusetzen, um so schwächer sind die Kräfte, welche sie zusammenhalten, um so eher also entstehen daraus neue Verbindungen. Dahin gehören der Eiweißstoff, Faserstoff und die Gallerte der Thiere, Pflanzeneiweiß, Gluten und andere jene enthaltende Stoffe. Wird einer derselben mit einer zuckerhaltigen Flüssigkeit gemengt, so beobachtet man sogleich die bekannten Erscheinungen jenes Processes, welchen wir Gährung nennen. Nach Liebig wird Zucker dadurch in Kohlensäure und Alkohol verwandelt, daß in Folge der Zersetzung einer der genannten Stoffe die, die Atome des Zuckers bindenden Kräfte eine Störung erleiden; eine Zersetzung, welche immer anhält

und, so lange sie dauert, alle organischen chemischen Kräfte um sich herum stört. Ist diese Ansicht richtig, so muß Eiweiß beständig in einem Zustande der Zersetzung begriffen sein, oder die Fermentation erst dann beginnen, wenn jene zusammengesetzten Stoffe anfangen zersetzt zu werden, und dann muß die Zersetzung des Eiweiß noch von etwas anderm abhängig sein. Der erste Fall wird nicht durch die Erfahrung bestätigt, da die genannten zusammengesetzten Stoffe im organischen Körper nicht zugleich gebildet und zersetzt werden können. Die Erfahrung lehrt auch, daß sie außerhalb des Einflusses des Organismus einige Zeit sich unzersetzt bewahren lassen, z. B. wenn sie getrocknet sind. Wovon nun in dem Eiweiß, der Hefe u. s. w. die Zersetzung ausgeht, ist nicht ausgemacht. Chemische Kräfte halten die Atome zusammen, und jene können durch keine andere als durch chemische Wirkungen aufgehoben werden. Das Problem ist also noch nicht gelös't. Es muß noch eine Ursache vorhanden sein, von der die erste Bewegung der Moleküle der Hefe u. s. w. ausgeht, wenn sie z. B. nach dem Trocknen und langen Aufbewahren im Zuckerwasser Gährung veranlaßte. Nach Liebig ist die Hefe jederzeit in Zersetzung begriffen und pflanzt diese Thätigkeit auf andere Stoffe fort, welche in ihren Wirkungskreis gerathen, namentlich auf Zucker; aber immer ist noch die Frage: wie fängt die Hefe an sich zu zersetzen? durch welche Ursache entsteht in ihr Umsetzung der Atome, welche sie auch dem Zucker mittheilt? giebt es noch einen andern Stoff, welcher, wie die Hefe den Zucker, so die Hefe selbst zersetzt? Leiten wir die Gährung des Zuckers durch Leim ein, welcher Jahre lang unverändert aufbewahrt gewesen ist, so entsteht die Frage: wie fängt dieser Leim, wenn er Gährung veranlaßt, an, zersetzt zu werden, wodurch geräth er in diesen Zustand? Hier bleiben wir ohne Antwort, und das Räthsel ist nicht gelös't. Nur dies können wir mit Liebig annehmen, daß sehr com-

plicirte Verbindungen lose gebundene Atome enthalten, welche durch äußere Ursachen eben so leicht zersetzt werden, als die knallsauren Salze u. s. w. *). Zu diesen äußeren Ursachen gehört ohne Zweifel die Temperatur; eine Temperatur, welche die mittlere der atmosphärischen eben nicht übersteigt und, wie wir sagen, niedrig ist, welche aber deshalb complicirte Verbindungen nicht minder zu zersetzen vermag, als eine höhere Temperatur alle organischen Stoffe in eine große Reihe pyrochemischer Produkte umwandeln kann. Die Erscheinung, daß die Elemente organischer Gebilde durch verschiedene Wärmegrade in verschiedene chemische Zustände versetzt werden und sich zu neuen Verbindungen vereinigen, kann einem katalytischen Einflusse der Wärme zugeschrieben werden. Wenden wir dies auf die Pflanzenwelt, wo den Winter über sämmtliche Funktionen ruhen und mit der Frühlingswärme sich alles von Neuem belebt, und auf alle die Stoffe an, welche von dem Wärmeeinfluß mehr oder weniger afficirt werden; so haben wir wohl einiges Recht, die Wärme als die erste Ursache des chemischen Wechsels der Bestandtheile in zusammengesetzten organischen Körpern anzunehmen, welcher, einmal angeregt, auch auf andere Stoffe übertragen werden kann. Die Zersetzung der Hefe ist also ursprünglich einer bestimmten katalysirenden Temperatur zuzuschreiben.

Organische zusammengesetzte Gebilde erleiden durch die Temperaturunterschiede eine Umsetzung der Elemente, und diese Wirkung theilt sich leicht anderen Stoffen mit. Dies mögen wir einmal für bewiesen halten. Wir schreiben also der Erfahrung gemäß die erste Veranlassung zu jener chemischen Wirkung nicht dem Körper selbst, sondern der Temperatur zu und nennen dieselbe in demselben Sinne, wie es

---

*) Scherer hat bewiesen, daß Fibrin Sauerstoff aufnimmt und CO_2 erzeugt (Ann. d. Chem. und Pharm. 1841).

Berzelius gethan hat, katalysirend, d. h. mit einem Vermögen begabt, die chemischen Kräfte der Elemente zu modificiren, bald zu verstärken, bald zu vermindern, das chemische Gleichgewicht zu stören und neue Verbindungen zu erzeugen; grade wie Platinschwamm Wasserstoff und Sauerstoff zur Vereinigung disponirt und Schwefelsäure die Elemente des Alkohols und des Zuckers umsetzt.

Die chemischen Kräfte, welche durch Zersetzung organischer Stoffe in unorganischen Stoffen geweckt werden, folgen bisweilen andern Gesetzen, als sich in den gewöhnlichen Mineralkörpern geltend machen. Wenn z. B. schwefelsaures Natron, dessen Elemente sehr innig verbunden sind, der Einwirkung faulender Materien ausgesetzt wird, so entsteht daraus kohlensaures Natron und Schwefelwasserstoff. Die Kohlensäure ist ein Produkt der Fäulniß, aber die Schwefelsäure wird hier in einer von der gewöhnlichen chemischen Zersetzung abweichenden Weise zersetzt, sie verliert ihren Sauerstoff, und indem zugleich auch Wasser zersetzt wird, tritt der Wasserstoff mit dem Schwefel der reducirten Säure in Verbindung. Die zerlegende Wirkung organischer Stoffe pflanzt sich also auch auf unorganische fort und giebt darin selbst den gewöhnlichen chemischen Kräften eine andere Richtung. (Verhandeling over de Amsterdamsche wateren. 1826.)

Wenn so innig verbundene Atome schon eine solche Umsetzung erleiden, wie viel leichter müssen dann die viel loseren Verbindungen der organischen Stoffe zersetzt werden, und solche besonders, deren Atome bei der geringfügigsten Ursache sich trennen und eine andere Stellung einnehmen. Auch darum schon geschieht die Umlagerung der Moleküle viel leichter, weil hier sogenannte organische Kräfte auf gleichartige wirken. Daher also die leichte Zersetzbarkeit des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure und unter andern Umständen in Milchsäure und Mannit, die des Alkohols in Essigsäure u. s. w.

Aus den mannigfachen Veränderungen, welche Zucker durch verschiedene Agentien erleidet (in Alkohol, Ulminsäure, Oxalsäure, Zuckersäure u. s. w.), wird gefolgert, daß dessen Elemente sehr lose verbunden sind, loser, als die mancher andern Körper. Etwas Aehnliches sehen wir beim Zimmtöl, woraus, unter Einwirkung des Lichtes oder verschiedener Säure, manche neuen Produkte hervorgehen: Cinnamylwasserstoff, Zimmtsäure und eine Menge harzartiger Körper. Ohne äußere Einwirkung bleiben die Elemente des Zuckers jederzeit vereinigt und werden nur durch eine gewisse Kraft getrennt. Diese Kraft besitzt die Hefe; sie geht ursprünglich ohne Zweifel von der Wärme aus. Die Wärme ist also für die Vereinigung oder Zerlegung der Körper von unbegrenztem Einfluß, sie ist die Lebensader des chemischen Stoffwechsels.

Es sind vor Allen die stickstoffhaltigen Körper, welche sich leicht zersetzen und andern die zersetzende Kraft mittheilen. Der Stickstoff hat in Folge seiner geringen Verwandtschaft große Neigung, sich aus seinen Verbindungen loszumachen (Liebig). Fast allein nur mit Wasserstoff verbindet es sich leicht zu Ammoniak. Von dem Augenblick an, wo in einer stickstoffhaltigen Substanz die Ammoniakbildung begonnen hat, ist das chemische Gleichgewicht gestört, und die Wirkung kann sich auf andere Stoffe fortpflanzen. Es sind stickstoffhaltige Körper, welche explodiren (Jodstickstoff, knallsaure Salze u. s. w.). Organische Stoffe, welche Stickstoff enthalten, geben in Berührung mit Wasser Ammoniak; der Kohlenstoff und Sauerstoff verbinden sich in Folge der Ammoniakbildung zu Kohlensäure.

Hefe und dergleichen Stoffe bedürfen also des Wassers, um Gährung hervorzubringen, d. h. um Ammoniak und Kohlensäure zu erzeugen und um später dadurch neue Störung der chemischen Kräfte in andern Körpern zu vermitteln. Die chemischen Kräfte gehen aus von Wasserzersetzung, von

der Trennung organischer Elemente, von der Ammoniak- und Kohlensäure-Bildung. Liebig weis't nach (pag. 15), daß Stoffe, welche ihrer Zusammensetzung nach gerade auch in Ammoniak und Kohlensäure zerfallen können, äußerst leicht zersetzt werden. Dahin gehört die Cyansäure. In Wasser gelös't verwandelt sie sich momentan in Kohlensäure und Ammoniak:

$$C_2N_2O + H_6O_3 = N_2H_6 + 2CO_2.$$

Unter Aufbrausen entweicht Kohlensäure, und kohlensaures Ammoniak bleibt in der Lösung. Je mehr sich Verbindungen einer solchen Zusammensetzung nähern, daß sie bei der Zersetzung jene beiden Produkte geben können, um so leichter sind sie zersetzbar. In diesem Falle befinden sich nach Liebig jene Stoffe, welche Gährung hervorbringen, also auch das Ferment. Daß diese Ammoniak schon enthalten oder wenigstens Ammoniakbildung leicht zulassen, beweis't die Wirkung der Alkalien, welche Ammoniak entwickeln, z. B. aus Eiweiß Fibrin u. dgl. Uebrigens unterscheiden sie sich in ihrer Zusammensetzung wesentlich von den Verbindungen, welche, nach Abzug von Ammoniak, Kohlensäure als Hauptbestandtheil übrig lassen, z. B.

Protein .	1 Aeq. =	$C_{40}H_{62}N_{10}O_{12}$
Ammoniak	5 Aeq. =	$H_{30}N_{10}$
		$C_{40}H_{32}\quad O_{12}$

Diese Verbindungen nehmen übrigens bei ihrer Zersetzung sehr leicht Sauerstoff auf, wie dies bereits vom Fibrin und dem Eiweiß bewiesen ist. (Scheikundige Onderzoekingen Deel I.)

Wenn Zucker unter dem Einfluß einer mittleren Temperatur (15°—25°) gährt, so entsteht daraus jederzeit Alkohol und Kohlensäure. Eben so verhalten sich viele zuckerhaltigen Säfte, wie die der reifen Früchte, der Runkelrüben, gelben Möhren und Zwiebeln. Läßt man aber jene bei 35°

bis 40° gähren, so bilden sich ganz andere Produkte. Das Albumin und Gluten der Säfte werden hierbei zerstört, der ganze Stickstoffgehalt findet sich als Ammoniak in der Flüssigkeit, während unter diesem veränderten Einfluß (der Wärme) Milchsäure, Mannit und ein dem Gummi ähnlicher Stoff anstatt der Kohlensäure und des Alkohols aus dem Zucker entsteht. Zugleich findet Gasentwickelung Statt. Daraus geht hervor, daß von dem Zustand des Glutens und Albumins der Pflanzensäfte, welche beide bei der Alkoholgährung in den Hauptbestandtheil des Ferments umgewandelt werden, ganz und gar die Veränderung des Zuckers abhängt, und daß das Ferment, wenn es eine andere als die gewöhnliche Zersetzung erleidet, ganz neue Produkte liefert, welche mit denen der Alkoholgährung keine Aehnlichkeit haben. Hieraus folgt offenbar, daß der allgemeine Begriff der Bewegung der Moleküle zur Erklärung der Alkohol- und Kohlensäurebildung aus Zucker nicht genügt, sondern daß die Bewegung eine eigenthümliche, eine solche sein muß, welche sich den Molekülen nur in dem einen und keinem andern Sinne mittheilt.

Die einfachste Veränderung des Ferments ist allein geeignet, um Alkoholgährung zu erzeugen. Diese besteht zunächst in der Bildung von Essigsäure, einer später erfolgenden Kohlensäureentwicklung und wahrscheinlich gleichzeitigen Ammoniakbildung. Wird jener Veränderung entgegengewirkt, so besitzt das Ferment nicht mehr das Vermögen, Gährung hervorzubringen oder zu unterhalten. Starkes Austrocknen, Sublimat, salpetersaures Silberoxyd, Kreosot u. s. w. zerstören dieselbe. Die Hefe ist auch nur bei Gegenwart von Sauerstoffgas oder atmosphärischer Luft im Stande, Gährung hervorzubringen, oder wenigstens einzuleiten. Bei vollkommnem Ausschluß derselben findet keine Gährung Statt.

Ueber die Natur der Hefe hat man sich allerlei fremd-

artige Vorstellungen gemacht. Neuerdings angestellte Versuche haben mich überzeugt, daß sie unzweifelhaft eine aus isolirten Zellen bestehende Zellenpflanze ist. Die Pflänzchen sind Bläschen eines Stoffs, welcher sich den Eigenschaften und der Zusammensetzung nach der Zellensubstanz nähert, aber durch Manches sich wieder davon unterscheidet. Seine Zusammensetzung ist: $C_{12}H_{20}O_{10}$ *). Er ist in kaltem und kochendem Wasser unlöslich, giebt mit Salpetersäure kein Xyloidin, wird durch Salzsäure schnell in Humussäure verwandelt und löst sich in einer concentrirten Kalilauge in der Kälte leicht auf. Seine Zusammensetzung läßt sich durchaus nicht auf die der Zellensubstanz: $C_{24}H_{42}O_{21}$ (siehe weiter unten) zurückführen.

In jenen Bläschen ist ein Proteinkörper eingeschlossen, welcher in kochendem Alkohol unlöslich und also kein Gluten ist, welcher von Essigsäure sehr leicht gelöst wird und also kein Albumin ist, und welches von kochendem Wasser leicht so verändert wird, daß man es für ein Superoxyd von Protein halten kann: $C_{40}H_{74}N_{10}O_{26} = C_{40}H_{62}N_{10}O_{12} + O_8 + 6H_2O$ **).

In den Bläschen ist übrigens das Protein in einem solchen Zustande enthalten, daß seine Zusammensetzung sich der des Fibrins, Albumins und Caseins nähert. Durch Essigsäure ausgezogen und durch kohlensaures Ammoniak

---

*) Scheik. Onderz. Deel. II.

	Gefunden.	Atome.	Berechnet.
C	45,01	12	44,92
H	6,11	20	6,11
O	48,48	10	48,97

Stickstoff kommt nicht darin vor.

**) Scheik. Onderz. Ibidem.

	Gefunden.	Atome.	Berechnet.
C	43,35	40	43,65
H	6,56	74	6,59
N	12,68	10	12,64
O	37,41	26	37,12

gefällt, hat es nämlich eine den genannten Körpern analoge Zusammensetzung *).

Jene Bläschen der den Zellen ähnlichen Stoffe, welche selbst zu der Gährung nicht das Mindeste beitragen, werden während der Fermentation von der Proteinverbindung exosmotisch durchdrungen, sie werden kleiner, contrahiren sich und bleiben am Ende als zusammengeschrumpfte Kügelchen zurück. Die ausgedrungene Proteinverbindung, durch eine ungemein leichte Zersetzbarkeit bei einem bestimmten Wärmegrade charakterisirt, erleidet sogleich eine Zersetzung und läßt nichts übrig als Ammoniak und eine kleine Menge eines andern extraktartigen noch nicht genau untersuchten Stoffes:

	C	H	N	O
Protein .	40	62	10	12
Ammoniak .		30	10	
	C_{40}	H_{32}		O_{12}

Die erste Ursache der ganzen Gährungserscheinung gehört also der Wärme an. So wie manche Körper, z. B. das Kupferoxydhydrat, bei einer bestimmten Temperatur unter Wasser zersetzt werden, so giebt es auch für die Proteinverbindung der Hefe — ein sehr complexer Stoff — eine Temperatur, bei welcher sie in Auflösung nicht mehr bestehen kann. Die Zersetzung pflanzt sich auf den Zucker fort, dieser verwandelt sich in Kohlensäure und Alkohol.

Hiebei wird besonders im Anfange eine kleine Menge Sauerstoff absorbirt. Diese Absorption ist indessen keineswegs die Ursache, sondern vielmehr die erste Folge von der Zersetzung der Proteinverbindung.

---

*) Scheik. Onderz. Ibidem.

	Gef.
C	54,35
H	7,04
N	16,03
O	22,58

Was von dem Hauptbestandtheile der Hefe gesagt ist, gilt also auch von der Hefe selbst, nur daß die Zellenhäutchen der Hefekügelchen auf die Gährung ganz ohne Einfluß, vielmehr bloß Träger der Proteinverbindung sind und nach der Gährung als unlösliche Stoffe zurückbleiben.

Wenn Zucker gährt, wird das Ferment zum Theil zersetzt, obgleich dessen Bestandtheile nichts zur Alkoholbildung beitragen, und auch die Menge der Kohlensäure dadurch nicht merkbar verändert wird. Thénard hat nämlich gefunden, daß 100 Theile Zucker 51,27 Kohlensäure und 52,62 absoluten Alkohol geben, zusammen 103,89 Theile. Es verbindet sich dabei $C_{12}H_{22}O_{11}$ mit 1 At. Wasser, dessen Menge ohngefähr dem erhaltenen Ueberfluß gleichkommt. Von 20 Theilen Hefe, welche 100 Thle. Zucker in Gährung versetzt haben, bleiben 13,7 unlösliche Bestandtheile zurück, welche, aufs Neue mit Zucker versetzt, 10 Theile eines unlöslichen Stoffs hinterlassen, der kein Gährungsvermögen mehr besitzt. Daß während der Gährung auch das Ferment zersetzt wird, ist noch auf eine andere Art bewiesen. Eine sehr geringe Menge Ferment kann nämlich eine sehr große Menge Zucker nicht in Gährung versetzen, und umgekehrt fährt die Zersetzung der Hefe noch fort, nachdem eine kleine Menge Zucker ganz in Alkohol und Kohlensäure verwandelt ist (Liebig).

Mit der Eigenschaft des Ferments oder thierischer Stoffe, Zucker in Gährung zu versetzen, werden von Liebig mit Recht viele andere Zersetzungen verglichen. Pferdeharn z. B. frisch eingedampft und mit Säuren versetzt, giebt Hippursäure; läßt man ihn dagegen zuvor einige Tage stehen, so erhält man Benzoesäure. Aus Menschenharn, wenn er frisch mit Salpetersäure gesättigt wird, scheidet sich Harnstoff aus; gefaulter Harn enthält statt dessen nur kohlensaures Ammoniak. Amygdalin wird durch Ferment in Zucker und Blausäure verwandelt (die Wirkung des Emulsins auf Amygdalin muß man so lange für Katalyse halten, bis be-

wiesen ist, daß das Emulsin dabei selbst Zersetzung erleidet). Wird Althäwurzel kalt mit Kalkwasser behandelt, so erhält man nach Abdampfen der Auflösung Asparagin; aber so bald man die Auflösung mit Ferment zusammenbringt, entsteht Asparaginsäure mit Ammoniak verbunden.

Manche organische Verbindungen werden unter dem Einflusse einer bestimmten Wärme und Feuchtigkeit in andere Produkte umgewandelt, welche sich auch auf gewöhnlichem chemischen Wege hervorbringen lassen. Dahin gehört die Veränderung der Holzfaser in Humussäure und andere Stoffe, welche man auch durch Einwirkung der Schwefelsäure auf Holzfaser erhält. Dies ist keine eigentliche Fermentation, aber eine Umsetzung der Elemente, die mit der, welche in der Hefe vor sich geht, zu vergleichen ist, und die, wie bei der Hefe, andern Verbindungen mitgetheilt werden kann. Wenn man nämlich in einem schwefelsäure- und eisenhaltigen Wasser Holz faulen läßt, so setzt sich, während Humussäure entsteht, Schwefeleisen an dem festen Körper ab. Das Schwefeleisen bildet sich aus dem Schwefel der Sulphate und dem Eisen der Eisensalze (Liebig).

Manche Körper besitzen die Eigenthümlichkeit, eine ähnliche Veränderung wie die der Holzfaser in Humussäure sehr schnell zu erleiden, z. B. wird Eichengerbsäure unter dem Einfluß der atmosphärischen Luft und einer höhern Temperatur sehr bald in einen Absatz von Tamin verwandelt, ebenso die Extraktivstoffe. Dies ist dieselbe Veränderung, welche stickstoffhaltige Körper, Ferment u. s. w. erleiden; aber da jene keinen Stickstoff enthalten, so können sie natürlich kein Ammoniak geben. Bei dieser Zersetzung findet immer Absorption von Sauerstoff Statt, und mitunter wird nichts anders als eine einzige oder zwei neue Verbindungen gebildet, z. B. wenn aus Alkohol Essigsäure und Wasser entstehen.

$$C_4H_{12}O_2 + O_4 = C_4H_6O_3 + H_6O_3$$

Bei der Oxydation der Gerbsäure oder des Extraktivstoffs wird indessen auch Kohlensäure gebildet, und ohngefähr eben so viel, wie an Sauerstoff aufgenommen ist (de Saussure). Die Elemente solcher Stoffe sind sehr lose verbunden und streben vielmehr, sich zu anderen festern Verbindungen umzusetzen. Sie befinden sich also in einer Art Spannung nach außen und nehmen den Sauerstoff aus ihrer Umgebung begierig auf. Dieser Zustand ist mit dem zu vergleichen, worin Eisen- und Manganoxydul, Schwefelkalium und andere unorganische Stoffe sich befinden, und die wir mit dem bestimmten Namen der Oxydirbarkeit bezeichnen. Auf ähnliche Weise verändern sich die meisten chemischen organischen Körper, z. B. die Auflösungen mancher Pflanzensäuren in Wasser, welche, einer bestimmten Wärme ausgesetzt, eine Reihe neuer Produkte, selbst organisirter Körper, Schimmelpflanzen, liefern. Je zusammengesetzter die Körper, um so leichter werden sie verändert, z. B. Holz, welches durch seinen Eiweißgehalt unter gewissen Umständen in Verwesung übergeht (trockne Fäulniß). Vor Allem vermögen die Alkalien bei manchen Körpern jene Umsetzung der Elemente zu beschleunigen, z. B. wird Gallussäure in Berührung mit einem Alkali bald in eine braune Materie verwandelt, und Salicylkalium unter Absorption von Sauerstoff in Essigsäure und Melansäure.

Fette Oele und andere fette Stoffe geben unter gleichen Umständen kein Gemenge verschiedener Substanzen und keine Kohlensäure, sondern eine Fettsäure. Fast alle flüchtigen Oele geben Harze als Oxydationsprodukte. Dahin gehört auch die Veränderung, welche Orcin, Phloridzin und ähnliche Stoffe erleiden, wenn unter dem gemeinschaftlichen Einfluß der Luft und des Ammoniaks blaue Farbstoffe daraus entstehen (siehe weiter unten); gleichfalls die Zersetzung von

Protein . . . . . $C_{40}H_{62}N_{10}O_{12} + O_4$
in Humussäure . $C_{40}H_{30} + O_{15} + H_2O$
und Ammoniak . $H_{30}N_{10}$

Alle diese Veränderungen, ich wiederhole es, schließen sich an eine in der unorganischen Chemie gewöhnliche Erscheinung, die Oxydation z. B. des Eisens, Kaliums u. s. w. an der Luft.

Eine solche Vereinigung des Wasserstoffs oder Kohlenstoffs, oder beider mit Sauerstoff, hat man wohl eine Verbrennung genannt. Sie kann in der That damit verglichen werden. Der Unterschied indessen zwischen jenen Veränderungen der Stoffe durch Oxydation und der Verbrennung ist der, daß letztere durch eine höhere Temperatur hervorgebracht wird und eine totale Umsetzung der Elemente zur Folge hat, während jener eine einfache Störung des Gleichgewichts der chemischen Kräfte zum Grunde liegt; Kräfte, welche während der Lebensthätigkeit des Thiers oder der Pflanze, denen die Stoffe angehören, modificirt sind und welche unter gewissen Umständen, namentlich in der Kälte und bei Trockniß, unverändert wirksam bleiben, welche aber bei Feuchtigkeit und Wärme, besonders durch letztere eine Störung erleiden und neuen Kräften Platz machen. Diese letzteren äußern sich in dem Bestreben, den Wasserstoff und Kohlenstoff zu oxydiren; sie treten in Wirksamkeit, sobald andere ruhen, und wirken um so energischer, je vollkommner das Gleichgewicht der überwundenen Kräfte gestört ist, wie bei der trocknen Destillation organischer Verbindungen. Bei geringerer Intensität derselben bleibt eine neue Anzahl von Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstoff-Atomen in einem andern Verhältniß und in innigerer Verbindung vereinigt. Die Verwandlung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure liefert dafür ein deutliches Beispiel.

Man glaube indessen nicht, daß der Sauerstoff ausnahmsweise das Vermögen besitzt, andere Stoffe anzugreifen.

Wenn unsere Atmosphäre aus Chlorgas oder Bromdämpfen bestände, so würde das Bestreben dieser Elemente, das chemische Gleichgewicht zu stören oder nach gestörtem Gleichgewicht mit den neuen Produkten sich zu vereinigen, bei weitem größer sein. Deshalb hat man die Oxydation organischer und unorganischer Körper nicht für eine ganz besondere oder gar abnorme Erscheinung zu halten, sondern sie gehört einer ganz gewöhnlichen chemischen Wirkungsweise an, welche großentheils von dem Einfluß der Umstände modificirt ist, und welche immer darauf ausgeht, die chemische Spannung zu befriedigen und einen Gleichgewichtszustand herzustellen.

Die gewöhnlichen chemischen Kräfte sind also hier meist Hauptursachen der Umsetzung der organischen Elemente, indem diese z. B. Sauerstoff aufnehmen. Freier Kohlenstoff und Wasserstoff zeigen die Neigung, sich mit Sauerstoff zu verbinden, nicht unter den gewöhnlichen Verhältnissen; aber eine erhöhte Temperatur kann in beiden, in Wasserstoff auch Platinschwamm, jene Kraft anregen. Noch stärker sehen wir dieselbe im Kalium und Natrium, im Phosphor und manchen anderen Stoffen auftreten, woraus hervorgeht, daß ohne neue äußere Ursachen jene Stoffe an und für sich dasselbe Vermögen besitzen (Sauerstoff aufzunehmen), welches Kohlenstoff und Wasserstoff erst bei höherer Temperatur oder bei der Umsetzung organischer Stoffe äußern. Sobald also der Kohlenstoff und Wasserstoff nicht mehr durch die im Organismus thätigen chemischen Kräfte zusammengehalten werden, folgen sie ihrer ursprünglichen stärkern Neigung; sie oxydiren sich, gleichwie der Stickstoff des Ferments bei dessen Zersetzung sich mit Wasserstoff zu Ammoniak verbindet. Die Art und Weise, wie sich die organischen Moleküle bei der Verwesung und ähnlichen Processen zusammengruppiren, hängt demnach einmal von der ursprünglichen größten Verwandtschaft der Grundstoffe ab, und ferner von der Möglich-

keit, daß die Elemente sich in einer neuen Ordnung zusammengruppiren und constantere Verbindungen produciren können, welche unter gleichen Umständen nicht aufgelös't werden, sondern erst kräftigere Aktionen zur vollständigen Zersetzung bedürfen.

Von Fäulniß unterscheidet sich die Veränderung des Holzes, welches man Vermoderung nennt, nicht wesentlich; nur in so fern, als bei jener Kohlenwasserstoff als Gas entweicht, während diese nur Oxydationsprodukte liefert. Es ist demnach die Vermoderung durch Kohlensäure- und Wasserbildung, d. h. durch Befriedigung der stärksten Neigung jener Elemente charakterisirt; anderseits ist die Holzbildung Folge einer im entgegengesetzten Sinne wirkenden chemischen Kraft.

Es fragt sich nun, ob bei jener Zersetzung die sogenannten organischen Kräfte von selbst erlahmen, oder ob besondere Ursachen existiren, welche sie schwächen. Beides ist wahrscheinlich. Was dem Einfluß der Lebensthätigkeit entzogen wird, bekommt von ihr keinen Impuls (prikkels) mehr, es befindet sich von dem Augenblicke an in ganz andern Verhältnissen. Wie nun durch die besondern Verhältnisse, unter denen die Elemente in dem Organismus auftreten, die Erzeugnisse desselben von denen der unorganischen Natur sehr verschieden sind, so müssen auch die fernern Produkte der dem Einfluß der Lebenskraft entzogenen Stoffe eben durch die Veränderung der Umstände sich wesentlich von jenen unterscheiden; daher denn in den der Lebensthätigkeit entzogenen Stoffen die Kräfte, welche sie bis dahin beherrschte, von selbst erlahmen; die früheren Eindrücke erlöschen, sie bekommen eine andere Richtung; die Resultate können daher nicht mehr dieselben sein. Nach dem sonst allgemein gültigen Gesetz der Trägheit verharrt ein Körper in dem Zustande, in welchen er einmal versetzt ist, aber eben so gültig ist die Regel: sublata causa, tollitur effectus. Die

Lebensthätigkeit, welche wir hier mit dem Collectivnamen der Umstände bezeichnen wollen, bedingt eine gewisse Tension der Moleküle, welche bei manchen Körpern aufhört, sobald sie sich außer ihrem Einfluß befinden. Ist aber erst eine kleine Störung des chemischen Gleichgewichts vorgefallen, so breitet sich von dem einen Punkte, wie von einem Focus oder Centrum, die Wirkung über die ganze Masse aus. Ein kleines Stück gefaultes Holz inficirt eine große Masse. Hier wirkt das Stückchen Holz wie die Hefe bei der Gährung.

Wodurch wird aber die Ruhe der sogenannten organischen Kräfte gestört? Es ist bewiesen, daß die Wärme den größten Einfluß übt; ohne einen bestimmten Wärmegrad giebt es keine Gährung, keine Fäulniß, überhaupt keine chemische Wirkung.

Außer einer bestimmten Temperatur bedarf es übrigens meistens noch eines Stoffes, um die Wirkung zu einem bestimmten Grade zu steigern. Für jede Art der Fermentation besitzt bekanntlich der Sauerstoff diese störende Eigenschaft. Die erste Erscheinung bei einer gährenden oder faulenden Substanz ist Absorption von Sauerstoff; wo dieser fehlt, kann weder Fäulniß noch Gährung Statt finden. Gay-Lussac hat dies dadurch außer Zweifel gesetzt, daß er frisch ausgepreßten Traubensaft Tage lang über Quecksilber bewahrte, ohne daß er in Gährung überging; eine einzige Sauerstoffblase war hinreichend, Gährung einzuleiten, welche von da an von selbst anhielt. Jene Sauerstoffblase ist also erforderlich, um dem Traubensaft eine Kraft mitzutheilen, welche in einer kleinen Menge desselben unter Mitwirkung einer bestimmten Temperatur diese sogenannten organischen Kräfte zu stören vermag. Die neuen Produkte besitzen ihrerseits wieder das Vermögen, diese Wirkung auf die benachbarten Theile zu übertragen, und so verbreitet sie sich endlich durch die ganze Masse, bis aller Zucker in Kohlensäure und Alkohol verwandelt ist.

Darauf beruht auch die Aufbewahrung von Fleisch, frischem Gemüse u. s. w. in Gefäßen, welche meistens durch Kochen luftleer gemacht sind; ferner die Appert'sche Vorschrift, dichtverkorkte, mit Pflanzensäften gefüllte Flaschen zu kochen, um den Sauerstoff der kleinen darin befindlichen Menge Luft durch Oxydation jener Stoffe fortzuschaffen, und anderseits, um das lösliche Eiweiß in den coagulirten Zustand überzuführen und ihm dadurch seine leichte Zersetzbarkeit zu benehmen. Dasselbe bezweckt man mit dem Schwefeln süßer Weine oder der Fruchtsäfte und mit der Anwendung von schwefligsaurem Alkali, weil die schweflige Säure sich leicht zu Schwefelsäure oxydirt.

Die Aufnahme des Sauerstoffs wird durch Alkalien sehr befördert, obgleich man sich von der Wirkungsweise derselben keine Rechenschaft geben kann. Doch ist die Thatsache durch das Orcin, Phloridzin und die salicylige Säure über allen Zweifel erhoben; Alkohol, wenn ein Alkali darin gelös't ist, bildet unter gleichzeitiger Absorption von Sauerstoff Essigsäure, Ameisensäure und eine braune unlösliche Substanz. Auch leicht zersetzbare Stoffe verwandeln ihn in Essigsäure, wenn die atmosphärische Luft Zutritt hat. Daher rührt es, daß Alkohol, mit etwas Honig, Malz, Bier oder saurem Wein versetzt, an der Luft sauer wird. Auf diesem Princip beruht die Schnell-Essigfabrikation. Jene beigemengten Stoffe zersetzen sich zuerst und induciren dann die Elemente des Alkohols, sich in gleicher Weise umzusetzen und mit dem Sauerstoff zu neuen Verbindungen zu gruppiren (Liebig). Daß übrigens manche organische Stoffe bloß durch ihre Gegenwart und die von ihnen unverändert ausgehenden Kräfte wirken können, daß also reine Katalyse stattfindet, beweis't die Eigenschaft des Platinschwamms, bei unvollkommnem Luftzutritt Alkoholdämpfe in Wasser und Aldehyd zu zerlegen, ohne selbst im Mindesten an der chemischen Wirkung Theil zu nehmen. Bei vollkommnem Zutritt der Luft entsteht Es-

sigsäure und Wasser. Der Platinschwamm besitzt also dieselbe, oder wenigstens eine ähnliche Kraft, wie die bereits angeführten, in Zersetzung begriffenen Stoffe, als Honig u. s. w.

Dieser Wirkung analog betrachtet Liebig die Salpeterbildung. Es ist bekannt, daß stickstoffhaltige organische Körper, unter gewissen Verhältnissen, Salpetersäure erzeugen, die sich mit einer anwesenden Basis zu einem Nitrat vereinigt. Die Verwesung jener Stoffe hat zunächst Ammoniakbildung zur Folge, welches als kohlensaures Ammoniak entwickelt wird. Der Stickstoff vereinigt sich nämlich vorzugsweise mit dem Wasserstoff, und nicht unmittelbar mit dem Sauerstoff. Es ist deshalb die Frage, wie hier die Vereinigung des Stickstoffs und Sauerstoffs zu Salpetersäure vor sich geht.

Unerläßliche Bedingung für Salpeterbildung ist die Gegenwart einer Basis, und vor Allem einer alkalischen. Das Ammoniak wird nämlich durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft zu Wasser und Salpetersäure oxydirt, aber nur so lange als die Salpetersäure Gelegenheit hat, sich mit einer freien Basis zu neutralisiren. Bei der Verbrennung organischer Stoffe mit Kupferoxyd bekommt man stets Stickoxydgas, wenn sie den Stickstoff in der Form von Ammoniak enthalten, während, wenn eine Cyanverbindung im Sauerstoffgas verbrennt, der Stickstoff unoxydirt entweicht. Freier Stickstoff vereinigt sich also nicht mit Sauerstoff, sondern nur dann, wenn er in der Form von Ammoniak dem Sauerstoff dargeboten wird (Liebig).

Die Salpetersäurebildung bei der Nitrification wird also durch die Oxydation des Ammoniaks zu Wasser und Salpetersäure bedingt, welche beide Stoffe bei ihrem Entstehen sich gegenseitig in ihrer Bildung unterstützen. Weshalb denn auch die thierischen Stoffe bei der Salpeterbereitung den kleinsten Theil des Stickstoffs liefern; dieser wird vielmehr größtentheils aus der Atmosphäre genommen; die or-

ganischen Stoffe sind hauptsächlich nur die Vermittler und Träger der Ammoniakbildung aus dem Stickstoff der atmosphärischen Luft. Die Salpeterbildung ohne faulende organische Materien beweis't dies auf's Deutlichste. An alten Mauern findet man viel salpetersauren Kalk, und außerdem in allen porösen Körpern, welche lange der atmosphärischen Luft ausgesetzt gewesen sind. In den porösen Massen wird Ammoniak aus der Luft condensirt, aber auch erzeugt; und dies verwandelt sich in Berührung mit dem Sauerstoff derselben in Wasser und Salpetersäure. (Siehe weiter unten Ackererde.)

Durch diese Ideen über Moleküle in Bewegung, welche wir besonders Liebig verdanken, ist mancher wichtige Punkt in der Wissenschaft aufgeklärt.

Was indessen die Hauptursache jener Bewegung betrifft, so läuft dieselbe darauf hinaus: jedes chemische Molekül hat die Fähigkeit, sich mit anderen Molekülen zu vereinigen; die Verbindung geschieht in Folge einer zu einem bestimmten Grade gesteigerten Spannung der Moleküle. Sehr verschiedene Umstände bedingen eine solche Spannung; Gegenwart eines dritten Stoffes, Elektricität, Licht, Wärme und die Lebensthätigkeit geben ihr eine bestimmte Richtung; die letztere erzeugt meist complexe Verbindungen und wirkt oftmals deshalb eigenthümlich, weil die Kunst solche Verhältnisse schwer nachzuahmen vermag. Die gewöhnlichen Processe sind in der Regel einfacher. Daher die Mannigfaltigkeit der Produkte, unter verschiedenen Umständen. Die Temperatur ist ein kräftiges Agens, die zur Vereinigung nöthige chemische Spannung hervorzurufen; in ihr suche man vorzugsweise den Grund von demjenigen, was man »Moleküle in Bewegung« nennen kann, oder mit andern Worten: Moleküle in einem Zustande der Umsetzung, des chemischen Vereinigungsbestrebens, welches beides durch das Wort »chemische Tension« ausgedrückt wird.

Vom Platinschwamm, von bis 300° erhitztem Glas, von

Schwefelsäure, von einem brennenden Körper, von Hefe und einem Stücke faulenden Holzes gehen auf die chemischen Körper Wirkungen aus, deren Erfolge, Vereinigung oder Trennung der Stoffe, sie als chemische bezeichnen. Alles, was durch den Einfluß der genannten Stoffe afficirt wird, muß dafür empfänglich sein; das haben wir chemische Spannung genannt, und das Erregen derselben Steigerung der Spannung zu einem bestimmten Grade.

Die Kenntniß der Ursachen der chemischen Vereinigung oder Trennung setzt die Kenntniß von dem Einflusse der Umstände voraus. Bis jetzt ist das Wort »Umstände« noch ein Collectivname, worunter die verschiedensten Dinge begriffen werden. Diese zu einem bestimmten Werthe zurückzuführen, ist die Aufgabe, deren Lösung wir für die Zukunft von der Wissenschaft hoffen und erwarten.

2. Organische Kräfte.

a. Zusammenhang zwischen organischen und Molekularkräften.

Die organisirte Natur, alle Bestandtheile der Pflanzen und Thiere, bestehen aus Stoffen, welche in der Chemie Elemente genannt werden, und welche auf die mannigfaltigste Weise untereinander verbunden sind. Es ist jetzt zu beantworten, ob die sogenannten organischen Kräfte, welche den Organismus beherrschen, ganz oder zum Theil von den Molekularkräften der Grundstoffe abhängig sind, in der That eine schwierige Frage. Wir wollen sehen, in wie weit wir sie von dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft aus beantworten können.

Die Annahme einer allgemeinen Kraft, welche die organischen Gebilde beherrscht, der sogenannten Lebenskraft, findet durch die Erfahrung keine Bestätigung. Wir nehmen zwar eine Summe von Erscheinungen wahr, welche der allgemeine

Begriff von Leben umfaßt; aber dies Ganze ist ein Concretum. Es besteht aus einer Menge von Theilen; die Function eines jeden Organs, obgleich eine Lebensfunction, ist zum Theil selbstständig und unabhängig, zum Theil steht sie mit dem ganzen Organismus in innigem Zusammenhange. Die Function der Leber ist von der der Nieren abhängig und wiederum nicht abhängig; unabhängig, weil die Leber an und für sich das Vermögen und die Organe besitzt, die Galle abzuscheiden; abhängig, weil eine Störung in den Functionen der Nieren auf die Absonderung der Galle bedeutenden Einfluß übt, sie sogar ganz vernichten kann. Für die Gesundheit ist ungestörte Function eines jeden Organs und des Ganzen Haupterforderniß, für das Leben die Aeußerungen der Hauptерscheinungen, Fortdauer der Hauptverrichtung des Ganzen.

Der ganze Organismus, und also jedes Organ, jeder Theil des Organs ist aus Grundstoffen zusammengesetzt, welche nicht nur jeder für sich nicht zu vernichtende Kräfte, sondern dieselben in unendlichen Modificirungen besitzen. Der Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Eisen, Schwefel, Phosphor und Jod sind die Elemente, welche in gegenseitiger Verbindung die organischen Körper hervorbringen; aber dazu kommen noch viele andere Stoffe, welche in dem lebenden Organismus und in den organischen Gebilden selten fehlen, nämlich manche Säuren, Basen und Salze, welche zum Bestehen der organischen Stoffe ebenso nothwendig sind, als die genannten acht Elemente. Eiweiß z. B. ist ein Albuminat von Natron; der Käsestoff eine Verbindung von Protein mit Schwefel und phosphorsaurem Kalk; mit einem Worte: die Mischung der Stoffe in den Organen, in dem Organismus als solchem ist nichts weniger als einfach.

Die Elemente und ihre Verbindungen bringen ihre eigenen Kräfte mit; nicht das Materielle macht ihr Hauptkennzeichen aus, sondern das, was die Materie beherrscht, die

ihr eigenthümlichen Kräfte. Sie haben sämmtlich die Eigenschaft sich untereinander zu verbinden und nach der Vereinigung als neue Körper aufzutreten, Körper, welche von Neuem modificirte Kräfte besitzen, deren sich der Chemiker zur Darstellung neuer Verbindungen bedient.

Ein Blick auf die Produkte der organischen Natur zeigt uns eine unabsehbare Reihe nur aus zwei, drei oder vier Grundstoffen zusammengesetzter Verbindungen. Schon daraus ergiebt sich, daß die Grundkräfte der Elemente einer unendlichen Modificirung fähig sind. Grenzenlos ist also der Einfluß des einen Elements auf das andere; bei geringer Veränderung der äußeren Verhältnisse zeigt es sich als ein ganz neuer, in Rücksicht auf andere Elemente ganz besonderer Stoff. Nehmen wir als Beispiel Stärke, Gummi, Zucker, Essigsäure, Glucinsäure, Inulin; alle diese enthalten dieselben Elemente in demselben Verhältniß:

	C	H	O	
Stärke	12	18	9	
Gummi	12	18	9	$+ H_2O$
Zucker	12	18	9	$+ H_2O$
Essigsäure . $1/3 \times$	12	18	9	
Glucinsäure $2/3 \times$	12	18	9	$- 1\frac{1}{2} H_2O$
Inulin . . . $2 \times$	12	18	9	$+ 2 H_2O$

Der Kohlenstoff der einen dieser Verbindungen ist ohne Zweifel dem Kohlenstoffe einer andern in sofern gleich, als er daraus abgeschieden immer dieselben Eigenschaften besitzt; aber den Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff im Zucker sich wie in der Essigsäure zu denken, ist darum unzulässig, weil Zucker und Essig sehr verschiedene Körper sind. In beiden Fällen haben also jene drei Elemente nicht mehr gleiche Eigenschaften, sie treten in einer eigenen Form auf; aber nicht, weil sie sich durch sich selbst verändern können, sondern weil die ihnen inwohnenden Kräfte Modificationen erlitten haben.

Die Verbindungen des Kohlenstoffs und Wasserstoffs zei-

gen dies noch deutlicher. Letztere in C_5H_8, $C_{10}H_{16}$, $C_{15}H_{24}$, $C_{20}H_{32}$ für gleich halten, hieße jede Verschiedenheit jener Verbindungen ableugnen. Unter den einfachen Körpern giebt es mehrere, welche, ohne eine Verbindung eingegangen zu sein, in Folge einer kleinen Veränderung der Umstände verschiedene Formen und Eigenschaften annehmen können. Phosphor z. B. wird durch plötzliche Abkühlung schwarz und Silicium erleidet durch bloßes Glühen eine solche Veränderung, daß, wollte man allein nach den Eigenschaften urtheilen, man das geglühte und nicht geglühte Silicium für zwei ganz verschiedene Körper halten müßte.

Die neuerdings publicirten vortrefflichen Versuche von Berzelius über den allotropischen Zustand des Phosphors haben für die wissenschaftlichen Untersuchungen ein neues Feld geöffnet. — Wenn also schon die einfachen Körper im unverbundenen Zustande in verschiedenen Modificationen auftreten, wie vielmehr wird dies bei Verbindungen der Fall sein, da namentlich, wo die Verschiedenheit zusammengesetzter Körper sich auf keine andere Weise erklären läßt.

Wenden wir dies auf die bekannten Verbindungen an, so öffnet sich uns ein unabsehbares Feld. Was wir in der Thierchemie Protein nennen, ist ein Stoff, welchen wir als aus $C_{40}H_{62}N_{10}O_{12}$ zusammengesetzt kennen, welcher in Wasser, Alkohol und Aether unlöslich, in Alkalien auflöslich und durch Säuren wieder fällbar ist, woraus stärkere Basen Ammoniak entwickeln u. s. w.

Aber was verstehen wir unter alle diesem? Welchen Begriff machen wir uns darnach von dem Stoffe selbst? In der That giebt uns jenes Verhalten des Proteins nur ein Mittel an die Hand, es von andern Körpern zu unterscheiden, welche bei verschiedener procentiger Zusammensetzung in Wasser, Alkohol oder Aether löslich sind; kurz, welche andere Eigenschaften haben. Aber ebenso wenig, als wir dem Kohlenstoffe im Zucker und in der Essigsäure gleiche Kräfte

zuschreiben dürfen, ebenso wenig können wir uns das Protein in den vielfachen Variationen, worin es im thierischen Körper auftritt, als stets identisch vorstellen.

In der Physiologie sagt man, daß in dem Keime des Eies nur eine formlose Masse vorkommt, welche bei der Analyse nichts als eine Proteinverbindung liefert. Aus diesem Keime entwickelt sich indessen, in Folge des Brütens, allmälig eine Reihe von Keimen, die sich bald zu Organen ausbilden, welche zusammen das Hühnchen bilden. Man nimmt eine allgemeine, auf den Keim als formlose Masse einwirkende Kraft an, welche darin schon in ihrer ganzen Stärke und in derselben Weise thätig ist, wie sie später das ausgebildete Thier besitzt. Müller sagt: »So muß man die einfache, aus körnigem, formlosen Stoff bestehende Keimscheibe als das potenzielle Ganze des spätern Thieres betrachten, begabt mit der wesentlichen und specifischen Kraft des spätern Thieres« (Physiologie I. pag. 23). Keine Vorstellung ist weniger klar, als diese. Nach Müller würden die Kräfte, welche später die Organe des Huhns beherrschen, schon vor dem Bestehen der Organe selbst, und ehe der Organismus aus dem körnigen, formlosen Stoff der Keimscheibe entwickelt ist, existiren.

In Betreff dessen, was wir über den Begriff der Kraft festgestellt haben, finden wir bei Müller eine bedeutende Abweichung. In der Physiologie nimmt man gleichfalls eine allgemeine Kraft an, welche das Ganze beherrscht. Die Respiration, der Blutumlauf, die Nerventhätigkeit folgen aus einer einzigen, der sogenannten Lebenskraft. Diese bewirkt sowohl die Respiration, wie die Verdauung und Absonderung des Speichels, des succus pancreaticus, sie erhält hier die Knochensubstanz, dort das Muskelgewebe, anderswo die Hirnsubstanz. Man nimmt an, daß jene Kraft in den verschiedenen Organen, welche unter ihrem Einflusse stehen, modificirt ist. Auch diese Vorstellung ist unphysikalisch. Was bleibt

von dem Grundbegriff der Kraft übrig, wenn wir sie bald als Ursache der Bewegung, bald als Ursache des chemischen Stoffwechsels, bald als Ursache des Gefühls oder anderer Empfindungen auftreten sehen? Die Lebenskraft scheint mir in diesem gewöhnlichen Sinne eine ebenso unrichtige Vorstellung zu geben, als wenn man zugeben wollte, daß bei einer von Tausenden gelieferten Schlacht eine einzige verschieden modificirte Kraft thätig wäre; eine Kraft, durch welche Kanonen und Gewehre abgeschossen würden, die Säbel dreinschlügen, die Lanzen stächen, Menschen und Pferde liefen und ständen, die Trompeten ertönten u. s. w. Die Armee tritt als selbstständiges Ganzes auf und giebt Erscheinungen; der Organismus, aus den verschiedensten Organen zusammengesetzt, liefert gleichfalls Erscheinungen. Leiten wir diese letzteren aus einer einzigen verschieden modificirten Kraft ab, von einer Lebenskraft, welche das Ganze beseelt, so müssen wir auch, um consequent zu sein, eine Schlacht liefernde Kraft annehmen.

Mit Unrecht ist die Existenz solch einer Lebenskraft den Erscheinungen der todten Natur gegenüber vertheidigt worden; denn in einem Mineral fand man die allgemeine Kraft nicht, welche in so verschiedenen Gestalten auftreten kann, wenn nur die Organe verschieden sind. Aus hoher Scheu vor der mächtigen Hand, welche die lebende Natur beherrscht, hat man alle Vorstellungen und Bemühungen, deren Kräfte aus den gewöhnlichen Molekularkräften abzuleiten, als materialistisch geschildert und bedenkt nicht, daß man bei dem Festhalten an dem ungereimten Begriffe der Lebenskraft der Kenntniß von der Art und Weise, wie das mächtige Wesen mit unbegrenzter Weisheit alles, was lebt und nicht lebt, erschaffen hat und erhält, um nichts näher gekommen ist. Suchen wir den Gegenstand zu verfolgen, und untersuchen wir also, welche Kräfte wir uns in den lebenden Körpern denken, und von welchem Punkte wir dabei ausgehen müssen.

Wenden wir uns von dem Einfachen zum Zusammengesetzten. Durch Thatsachen, besonders durch den Gebrauch, welchen Liebig davon gemacht hat, ist bewiesen, daß manche Pflanzen von Kohlensäure, Ammoniak und Wasser leben können *), wenn dazu noch Basen, Säuren und Salze kommen, deren jede Pflanzengattung zum Fortkommen bedarf. Eins von beiden muß nun zugegeben werden; entweder werden die Pflanzen von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak ernährt, d. h. sie empfangen mit den neuen Stoffen auch neue Kräfte, oder sie theilen den Elementen der Kohlensäure, des Wassers und Ammoniaks Kräfte mit und potenziren dieselben. Kräfte lassen sich indessen nach den allgemeinen physikalischen Begriffen nicht mittheilen; wir übertragen nur etwas Körperliches, Materielles. Kräfte lassen sich aber wecken.

Die magnetischen Erscheinungen erläutern dies zur Genüge. Der Stahl besitzt, ohne magnetisirt zu sein, magnetische Kräfte; sie schlummern, d. h. sie haben sich in ein solches Gleichgewicht gesetzt, daß sie nicht mehr nach außen wirken. Sie bestehen indeß, sie haften in den Molekülen des Eisens. Von dreien Grundstoffen ist diese Eigenthümlichkeit bekannt: dem Eisen, Nickel und Kobalt. Im Zinn, Blei und Silber können sie nicht erregt, noch potenzirt werden. Potenziren wir ein Stück Stahl, so wecken wir, was darin verborgen lag; wir trennen das Verbundene. — So wecken die Pflanzen Kräfte in den Elementen der Kohlensäure, des Wassers und Ammoniaks, wenn diese Stoffe aufgenommen und auf mannigfache Weise zu Säuren, Basen, indifferenten Stoffen, Harzen, Fetten, flüchtigen Oelen u. s. w. verbunden werden.

---

*) Ich sage: manche Pflanzen können leben und meine damit keineswegs, daß sie nicht auch auflösliche organische Stoffe aus dem Boden aufnehmen, wie humussaures Ammoniak, Quellsäure, Quellsatzsäure u. s. w. Daß übrigens manche Pflanzen aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak organische Substanzen erzeugen können, ist ganz außer Zweifel gestellt. (Siehe unten Ackererde.)

Wenn also die Pflanzen bloß erregen, so liegen die Kräfte bereits in jenen Elementen, sie schlummern zwar, sind aber doch darin vorhanden. Daraus folgt, daß jeder Stoffwechsel im Innern der Pflanze Folge ist von den Molekularkräften des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Sauerstoffs und Stickstoffs, oder der Elemente der Kohlensäure, des Wassers und Ammoniaks; durch die Pflanzen werden sie geweckt.

Durch die Pflanzen? Was verstehen wir darunter? Weckt in der eintretenden Kohlensäure die ganze Pflanze die schlummernden Kräfte, oder irgend ein Pflanzentheil? Gewiß die Theile der Pflanze und zwar diejenigen, womit die Kohlensäure gerade in dem Augenblicke in Berührung ist, wo sie zersetzt wird und mit Wasser, oder mit Wasser und Ammoniak neue und zwar organische Körper erzeugt.

Nehmen wir die Stärke als Beispiel. Nicht die Pflanze vermag aus Kohlensäure und Wasser unter Ausgabe von Sauerstoff ein Stärkekörnchen zu erzeugen, sondern bestimmte Organe derselben. Ein jedes solches Organ besitzt die Fähigkeit, die im Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff schlummernden Kräfte zu wecken oder vielmehr so zu modificiren, daß 12 Aeq. Kohlenstoff sich mit 10 Aeq. Wasserstoff und 10 Aeq. Sauerstoff verbinden und daß aus 12 Aeq. Kohlensäure und 12 Aeq. Wasser Stärke erzeugt wird, indem 24 Aeq. Sauerstoff gasförmig ausgeschieden werden *). Wer hierin etwas anderes als Melekularkräfte erblickt, sieht mehr als da besteht; dies ist eine ganz gewöhnliche Art der chemischen Zersetzung, nicht verschieden von der, wie im unorganischen Reiche neue Verbindungen zu Stande kommen; nur die Umstände sind verschieden.

Indessen sind in den Pflanzen Organe vorhanden, von denen die Amylon bildenden Kräfte ausgehen; aber sind eben

*) Wir meinen damit nicht, daß Stärke direct aus Kohlensäure und Wasser erzeugt wird; dies ist bloß ein von einem bekannten Stoffe entlehntes Beispiel.

diese Amylon bildenden Kräfte allein den Pflanzen eigen? Gewiß äußern die mancherlei Organe, welche in den Pflanzen verschiedene Stoffe produciren, eigenthümliche Kräfte; aber sie kommen ihnen nicht ausschließlich zu. Auch außerhalb der Pflanzen kann man Gummi, Zucker, Benzoësäure, Zimmtsäure und Valeriansäure erzeugen; mit einem Worte: die chemischen Kräfte, welche die Organe der Pflanzen äußern, indem sie aus Kohlensäure Wasser und Ammoniak direct und indirect neue Stoffe produciren, lassen sich auch auf gewöhnlichem chemischen Wege in Thätigkeit versetzen, und in sofern dies nicht möglich ist, hängt es nicht von wesentlichen, sondern zufälligen Umständen ab. Die Möglichkeit einer Vereinigung wird nämlich immer durch bestimmte Verhältnisse bedingt, d. h. die in den Elementen der Verbindung liegenden Kräfte müssen unter dem Einflusse gewisser Umstände geweckt werden. Künstlich hat man weder Stärke, noch Cellulose dargestellt, und vielleicht wird man nimmer dahin kommen. Aber in dem Pflanzenreich wird auch aus schwefliger Säure und Sauerstoff keine Schwefelsäure erzeugt, keine Uebermangansäure, kein Eisenchlorid, kein Wasserstoffsuperoxyd, noch Kaliumsuperoxyd.

Mit dem Einflusse gewisser Stoffe, der Temperatur, der Feuchtigkeit, des Lichtes u. s. w. wechseln auch die Kräfte der Elemente. Deshalb gehen aus Schmelztiegeln und Retorten andere Stoffe hervor, als aus den Organen der Pflanzen, die aus Kohlensäure und Wasser Cellulose und Sauerstoff erzeugen.

Woraus bestehen aber die Cellulose und Stärke bildenden Organe in den Pflanzen? Sie sind einmal auf ähnliche Weise, wie das Stärkekörnchen entstanden, d. h. aus Kohlensäure und Wasser (und Ammoniak) und unter dem Einflusse früherer Organe; sie haben bei ihrer Bildung eigenthümliche Kräfte erhalten, gerade so, wie sie das Stärkekörnchen empfängt. Das Stärke erzeugende Organ und das Stärkekörnchen unterscheiden sich nicht darin, daß das erstere

nur im Stande ist, Kraft zu erregen; beide sind auf ihre Weise aktiv. Bringen wir Stärke in Berührung mit Salpetersäure oder Schwefelsäure, so wird sie unter gleichzeitiger heftiger Zersetzung der Säuren verändert. Sie ist zwar aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt, zeigt aber unter veränderten Umständen eine große Verschiedenheit der chemischen Tension ihrer Elemente, was die Bildung neuer Verbindungen veranlaßt. Mit Diastase giebt die Stärke Gummi und Zucker, welcher letztere durch Ferment in Alkohol und Kohlensäure umgewandelt wird; der Alkohol wird unter dem Einflusse der Säuren in Aethyloxyd und der Wasserstoffsäuren in Aethylchloride zersetzt und giebt, mit der Luft und einem organischen Körper oder Platinschwamm in Berührung, Essigsäure; in höherer Temperatur Aldehyd; mit Chlor das Chloral; endlich bei Verbrennung an der Luft Kohlensäure und Wasser. Da gehen die ursprünglichen Elemente der Stärke wieder zu der Form zurück, worin sie den Pflanzen dargeboten worden waren; bei der Gährung wurde schon ein Theil des Kohlenstoffs als Kohlensäure abgeschieden; bei der Verbrennung werden sämmtliche Elemente wieder zur Nahrung der Pflanzen zubereitet, und ein Amylonkörnchen bildendes Organ kann daraus Amylon erzeugen.

Was wir so eben entwickelt haben, läßt sich in wenigen Worten so zusammenfassen: Ohne daß in der Kohlensäure und dem Wasser Kräfte vorhanden sind, ist keine Erregung derselben durch die Pflanzenorgane möglich, ebenso wenig als ohne Alkohol und Chlor sich Chloral darstellen läßt.

Von welchem Pflanzenorgan wir auch ausgehen, ein jedes ist auf ähnliche Weise entstanden, wie das Stärkekörnchen, und hat bei seinem Entstehen aus den chemischen Molekülen immer besondere Molekularkräfte erhalten. Die Vorstellung, daß heterogene Kräfte einander wecken, streitet mit dem Grundbegriff von Kraft. Die Schwerkraft kann den

Magnetismus nicht erzeugen; nur homogene Kräfte sind im Stande einander zu erregen. Jede Absonderung, jede Erzeugung neuer Stoffe, eine Folge der Molekularkräfte, kann nur von Molekularkräften ausgehen; mit anderen Worten: die Organe, welche aus den genannten Stoffen eine neue Verbindung hervorbringen, das chemische Gleichgewicht stören und dafür ein neues herstellen, vermögen dies nur durch ihre chemischen Kräfte, durch die chemische Tension ihrer Elemente.

Diese ist die Quelle jeder Erregung neuer Kräfte zu neuen Verbindungen. Ferner gehen jene erregenden Kräfte nicht von Massen aus, sondern von Molekülen; sie sind Molekularkräfte und haben dennoch nichts mit den Kraftäußerungen des ganzen Individuums gemein. Nicht die Pflanze bildet Stärke, sondern die Moleküle gewisser Organe, durch Modificirung des chemischen Gleichgewichts.

Ein Beispiel mag dies erläutern. Bei der Bildung von Gummi aus Stärke vermittelst Schwefelsäure geht von jedem Schwefelsäuremolekül auf jedes Stärkemolekül eine Thätigkeit aus, wodurch letztere zu Gummi wird; die Schwefelsäure verändert die Art der Vereinigung der Elemente von Molekül zu Molekül; ebenso wenn aus Stärke in irgend einem Pflanzenorgane Gummi bereitet wird.

Wo wir in der organischen Natur Kraftäußerungen finden, da giebt es Stoffe, welche Molekular- oder chemische Kräfte besitzen. Die Nerven selbst, diese merkwürdigen Gebilde, bestehen aus keinen anderen Grundstoffen, als den gewöhnlichen der organischen Natur; es ist also keinem Zweifel unterworfen, daß die Molekularkräfte, in Rücksicht auf den Stoffwechsel, die Hauptrolle im Organismus spielen, und daß für den Ursprung dieser Molekularkräfte keine allgemeine, keine Lebenskraft anzunehmen ist; dem sich auch die reine Naturlehre widersetzt, nach welcher nichts in die Natur gebracht, sondern alles aus ihr herausgefunden werden muß; nach

welcher man mit unbefangener Beurtheilung den Erscheinungen und damit allein ihren Ursachen nachforschen darf, und sich die Ursachen nur so denkt, wie man durch die Erscheinungen darauf hingeleitet wird.

b. Entwickelung eines Keims.

Bevor wir uns zu den auf Stoffwechsel beruhenden Lebenserscheinungen wenden, müssen wir zur ersten Bildung der Organe, zum Entstehen eines Individuums aus einem Keime, zurückkehren. In der Eichel sehen wir ebenso wenig Spuren der zukünftigen Eiche, wie in der Keimscheibe des Eies Spuren des künftigen Huhnes. Beherrscht nun die Eichel eine Eichenbaum, — die Keimscheibe eine Huhn — bildende Kraft? Giebt es eine *allgemeine* Kraft, welche alle Gerbsäure-, Stärkemehl- und Cellulose-Moleküle der Eichel und alle Proteintheile des Eies *besonders* beherrscht? Eine *besondere* Kraft äußert sich durch *besondere* Wirkungen; eine allgemeine erzeugt *allgemeine* Erscheinungen. Das ist nicht anders denkbar. Es unterliegt keinem Zweifel, daß sich in der Keimscheibe keine Rudimente der künftigen Organe des Huhns finden, aber sicher der Stoff, woraus die ersten Rudimente der Organe gebildet werden sollen, also die Rudimente der Rudimente. Mit dem Stoffe kommen darin auch Kräfte vor, welche von dem Stoffe unzertrennlich sind, d. h. Molekularkräfte. Besitzen die Moleküle nicht die Fähigkeit, zuerst zu Keimen der Organe, und letztere nicht das Vermögen, später selbst zu Organen zu werden, so entsteht nichts von einem Huhne. Die Fähigkeit, die Disposition muß in den Molekülen selbst liegen, sonst würde die Temperatur des bebrüteten Eies schwerlich im Stande sein, Keime der Organe selbst zu produciren. Nur darum wird aus der Keimscheibe keine Eiche und aus der Eichel kein Huhn, weil die Stoffe, und also auch ihre eigenthümlichen Kräfte verschieden sind.

Hiermit sind manche einverstanden; aber sie denken sich die körnige formlose Masse als passiv und von einem Vermögen erfüllt, welches sich mit keinem andern Worte als der Huhn- bildenden Kraft der Keimscheibe ausdrücken läßt. Müller nennt die Masse: »begabt mit der wesentlichen und specifischen Kraft des spätern Thieres.« Das Thier existirt indessen noch nicht, noch besteht nicht ein einziges Organ, ja noch nicht einmal der Keim zu einem Organe; und in der formlosen Masse sollten wir specifische Kräfte des Thieres, das nicht existirt, denken? Ich muß bekennen, daß es mir schwer wird, mir von der Galle- absondernden Kraft in der Leber eine Vorstellung zu machen; aber sich die Galle-abscheidende Kraft in der Keimscheibe, welche noch kein Rudiment von einer Leber besitzt, vorzustellen, das ist, glaube ich, keinem Sterblichen möglich. Es ist auch eine durchaus unphysikalische Vorstellung. In der Naturlehre nehmen wir Kräfte für beobachtete Erscheinungen an; aber wenn die Erscheinungen unmöglich sind, weil die Organe, welche sie hervorbringen müssen, nicht existiren, dann kann auch von solchen Kräften nicht die Rede sein. Specifische Kräfte des zukünftigen Thieres in der Keimscheibe sind undenkbar.

Ein Beispiel aus der unorganischen Natur mag dies noch deutlicher hervorheben. Eine Lösung von schwefelsaurem Natron in Wasser giebt beim Abdampfen säulenförmige Krystalle. Wie denken wir uns das schwefelsaure Natron in der Lösung? Als kleine Säulen? Keineswegs. Oder die Moleküle mit einer Säulen-bildenden Kraft begabt? Eben so wenig. Es besteht nur ein einfaches Vermögen von Anziehung der Moleküle in einer bestimmten Richtung, wovon die Säulenbildung letzte Folge ist. Zwischen der ersten Anziehung und der letzten Folge derselben liegen viele intermediäre Zustände der kleinsten Theilchen, es sind unterdessen viele Kräfte thätig, welche dann erst da sind, dann erst sich äußern, wenn die Moleküle durch ihre einmal angenom-

mene Stellung sie geweckt haben. Die Lagerung der Moleküle ist nach der Lehre von dem Isomorphismus die Ursache der Säulenbildung; denn alle z. B. aus MO und RO_3 zusammengesetzten Körper nehmen Gestalten an, welche in einem krystallographischen Zusammenhange stehen. Aber eben so wenig, wie eine Säulen-bildende Kraft in den isomorphen Körpern, in den Sulphaten, Selenaten u. s. w. denkbar ist, eben so wenig ist die von der Stellung der Moleküle abhängende Grundkraft die einzige Ursache von Allem, was bei der Säulenbildung vorgeht.

Wenden wir dies auf die Stoffe der Keimscheibe an. Wer darin nichts als Protein und einige Salze erblickt, sieht die formlose Masse nur mit einem ungeübten chemischen Auge an. Wir müssen darin suchen, was wir daraus hervorgehen sehen, nämlich Verbindungen, welche chemisch wenig oder gar nicht von Protein verschieden sind, aber dennoch sich unterscheiden. Die formlose Masse beginnt hier und da Punkte, geordnete Theilchen zu zeigen. Diese sind aus dem gegebenen Stoffe durch die darin liegenden von der Temperatur geweckten Kräfte entwickelt; ohne Temperaturerhöhung entsteht die neue Gruppirung der Elemente nicht, eben so wenig, wie ohne das Vermögen der Molekülen, sich zu gruppiren, grade wie beim schwefelsauren Natron sich keine Krystalle ausscheiden können, wenn nicht Wasser verdampft u. s. w. und die Moleküle nicht die Fähigkeit besitzen, sich in einem bestimmten Sinne anzuziehen. In der Keimscheibe schreitet die Umlagerung der Theilchen immer weiter vor, die Produkte werden complicirter. Doch ist dies nicht unmittelbare Folge der ursprünglichen Molekularkräfte, sondern bereits modificirter Kräfte, welche die Stoffe bei der ersten Gruppirung erhielten. Daß sowohl die erste wie folgende Zusammenstellung der kleinsten Theilchen in der Keimscheibe von der im schwefelsauren Natron verschieden sein muß, ist wohl natürlich, weil Protein kein schwefelsaures Natron ist.

Aber Protein ist auch nicht in jedem Theil dasselbe Protein im chemischen Sinne, d. h. welches bei der Analyse nichts anderes als C_{40} H_{62} N_{10} O_{12} giebt; deshalb ist es auch nicht immer mit denselben Kräften begabt. Eine geringe Abänderung der Umstände läßt schwefelsaures Natron in ganz verschiedenen Gestalten, ohne Krystallwasser oder mit 10 At. Krystallwasser sich abscheiden; das letzte geschieht unter 33°, das erstere über 33°. Die Moleküle der im organischen Reich vorkommenden Stoffe, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, scheinen unerschöpflich in dem Vermögen sich zu vereinigen; die Zahl ihrer Verbindungen ist unaussprechlich groß. Dieses Vermögen besitzen die Grundstoffe und empfangen es nicht erst in dem Pflanzen- oder Thierkörper; hier wird es nur geweckt.

So beschränkt also das schwefelsaure Natron ist in Betreff der Formen, welche die Grundstoffe dieses Salzes ihm ertheilen, so mannigfach können die Elemente des Proteins, deren chemische Gruppirung unendlich ist, bei geringer Differenz der Umstände jene Verbindung gestalten. Ein jedes Proteintheilchen der Keimscheibe muß sich bei der chemischen Untersuchung als Protein zu erkennen geben; aber durch die Analyse läßt sich der eigenthümliche Zustand, den es andern Theilchen gegenüber besitzt, nicht nachweisen. Wir können nicht einmal erklären, wie glasige und milchige arsenige Säure, gelbes und rothes Quecksilberjodid sich unterscheiden; aber wir sehen die Unterschiede, und darum nehmen wir sie an; wir sehen Unterschiede beim Protein, Albumin, Fibrin, Casein u. s. w., wir leugnen sie daher eben so wenig.

Nicht chemische Verschiedenheiten in dem gewöhnlichen Sinne, aber solche, welche mit dem Polymorphismus zusammenhängen, sind ohne Zweifel in den Theilchen derselben organischen Stoffe vorhanden.

Der Chemiker giebt uns nur ein rohes Resultat, die procentige Zusammensetzung, läßt uns aber über die wahre

Natur der Verbindungen und über den wesentlichen Unterschied im Unklaren. Schließen sich ungleichartige Theilchen an einander, so muß daraus eine mit besondern Kräften begabte Verbindung hervorgehen, mit Kräften, welche von den Molekularkräften der Grundstoffe zwar abhängig sind, aber nicht von ihnen allein bestimmt werden; die Art der neuen Gruppirung modificirt die ursprünglichen Kräfte; sie treten nun in einer andern Gestalt auf und bringen andere Wirkungen hervor. Im schwefelsauren Natron liegen sämmtliche Kräfte der vereinigten Moleküle, und nur von diesen hängen seine Eigenschaften, Zusammensetzung und Krystallform ab. Schwefelsaures Natron kann nichts anders besitzen, nichts anders werden, als wozu seine Elemente vermöge ihrer ursprünglichen Kräfte es machen.

So denken wir uns auch die Moleküle der die Keimscheibe bildenden Stoffe erst einfach, dann auf immer complicirtere Weise gruppirt. Aber noch ist keine Spur von einem Organ zu finden, also auch noch keine Kraft, welche die Organe beherrschen soll. Eine neue Anordnung der Theile modificirt die Grundkräfte aufs Neue; und so geht es unaufhörlich fort. Da die den Stoffen eigenthümlichen Grundkräfte die Ursache jeder Wirkung, jeder Aeußerung von Erscheinungen, jeder chemischen und organischen (d. i. physischen) Vereinigung bleiben, so müssen sie bei jeder zusammengesetzteren Verbindung andere Wirkungen hervorbringen. Jedes Theilchen ist der Keim eines spätern zusammengesetzteren; und da die Brütetemperatur fortfährt, die Grundkräfte zu wecken, so sind die neu gebildeten Gruppen in stetem Wechsel begriffen.

Auf diese Weise wird allmälig die Substanz der Keimscheibe ganz in den Kreis der Zersetzung gezogen. Von da an breitet sie sich weiter aus und ergreift auch die Elemente des Eidotters und des Eiweißes. Mit Unrecht hält man letzteres für die Nahrungsmittel des entstehenden Huhns oder

der Rudimente desselben. Auch in ihnen haften mit den Stoffen Kräfte, chemische Kräfte, welche sich denen der Keimscheiben hinzuaddiren und zur Bildung des Ganzen mitwirken, Kräfte, welche nicht ihrer Natur nach, sondern in ihrer Richtung und Wirkungsweise sich von denen der Keimscheibe unterscheiden.

Deshalb nehmen wir nicht an, daß die Moleküle des Herzens vom ausgebildeten Huhn als Herz-Moleküle, noch daß die des tractus intestinalis als Magen- und Darm-Moleküle in dem Keime vorhanden waren. In der Keimscheibe folgt eine Reihe von Metamorphosen auf einander, deren Endresultat das Entstehen des Herzens, Darmkanals, des ganzen Huhnes selbst ist. Wir denken uns daher auch nichts weniger als Herz- oder Darmkanal-bildende Kräfte im Keime, sondern stufenweise Entwickelung neuer Reihen von Kräften, welche alle aus derselben Grundkraft der Kohlenstoff-, Wasserstoff-, Sauerstoff- und Stickstoff-Moleküle entstanden sind, als eben so viele Aeußerungen neuer Gruppen, welche ihrerseits Ergebnisse früher wirkender Ursachen waren.

So kommt also vor der Leberbildung keine Galle-absondernde Kraft zu Stande, eben so wenig die Blut-bewegende Kraft, ehe das Herz und Blutgefäße existiren.

Immer noch bleibt es für den Menschen ein unergründliches Geheimniß, wie die Theilchen der Stoffe, organische und unorganische, auf verschiedene Weise wieder und wieder sich verbinden können. Aber kein dichterer Schleier liegt auf der Entstehung der organischen Körper. Wer da glaubt, leichter die Abscheidung eines Krystalls, als eines Gewebes von Fasern, Kügelchen und Zellen, d. h. eines Organs, leichter die Bildung eines Niederschlags als einer Primitivfaser, besser schön krystallisirten Zucker in Lösung, als die ersten Rudimente der Organe in der Keimscheibe sich vorstellen zu können, der ist unsrer Ansicht nach in großem Irrthume.

In keins von beiden kann der Mensch nach wie vor eindringen.

In wenige Worte kann ich meine Ansicht zusammenfassen. Die Grundstoffe des organischen Reichs, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff sind unerschöpflich in der Modificirung ihrer Grundkräfte; sie zeigen daher bei kleinen Veränderungen eine große Verschiedenheit und stellen sich in Folge derselben Grundkräfte einander gegenüber in eine ganz andere Stellung, als alle übrigen Elemente. Dadurch sind sie im Stande, jene eigenthümliche Reihe von Körpern zu erzeugen, welche man organische nennt.

c. Generatio aequivoca.

Wenn man von den oben besprochenen Principien ausgeht, so fällt der Streit über die generatio aequivoca und epigenesis ganz weg. Die Idee, daß alles, was lebt, nur aus dem Ei entstehen kann, weil in dem Ei allein alle Kräfte und alle Keime zu den Organen der Pflanzen und Thiere vorkommen können, hat zu der Lehre der epigenesis Veranlassung gegeben. Das omne ex ovo von Harvey ist von Vielen kräftig vertheidigt und auch gegenwärtig noch von Manchem behauptet. Ein Blick auf die organische Natur und auf das Wesen der organischen Körper zeigt, daß diese Lehre ganz und gar mit der der generatio aequivoca im Einklange steht. Nennt man ovum ein organisches Molekül oder einen aus einigen der vier organischen in verschiedenen Gruppen verbundenen Elemente zusammengesetzten Körper, so ist der Ausspruch von Harvey unwidersprechlich wahr. Er ist es auch dann noch, wenn man unter dem Ei ein Molekül von einer bestimmten Art versteht; denn auch dies lehrt die Erfahrung. Die Käsemilbe ist dem Käse eigenthümlich; gewisse Schimmelpflanzen entwickeln sich aus bestimmten Pflanzentheilen, Früchten u. s. w. Die Regel gilt allgemein, daß aus bestimmten organischen Molekülen nur

bestimmte Stoffe, bestimmte Formen gebildet werden können.

Das Wort ovum ist gleichwohl in einem andern Sinne genommen; man bezeichnet damit den durch eigne dazu bestimmte Organe gebildeten Keim eines Individuums, worin sich alles concentrirt, was zu dem spätern Thier gehört. Solche ova, sagen wir, giebt es nicht. Es findet Entwickelung Statt, ein Fortschreiten vom Einfachen zum Zusammengesetzten. Das Ei heißt nun in dem Sinne der Epigenetiker ein solcher Keim, woraus sich unter günstigen Umständen stets ein gleichartiges Individuum entwickelt.

Die Vertheidiger der generatio aequivoca stellen sich die Sache im Wesentlichen nicht anders vor. Es sind hier organische Stoffe, also organische Moleküle, welche sich zu etwas Anderm entwickeln und woraus endlich auch Individuen hervorgehen. Warum sollte der Käse nicht ein Conglomerat von Eiern sein, d. h. von solchen Molekülen, woraus eben so wohl ein Individuum entstehen kann, als aus einem Insekteneichen? Die Samenthierchen lehren unwidersprechlich, daß Thierchen, wenigstens ihre Keime, welche bloß durch Herumbewegen in einer Flüssigkeit sich allmälig immer mehr entwickeln, abgeschiedene Stoffe, Sekrete sein können. Der Acarus scabiei, die Filaria dracunculus, die Echinococci und so viele andere Entozoen bestätigen, daß sie aus gewöhnlichen organischen Molekülen eben so in dem thierischen Körper entstehen können, als jedes organische Körperchen, z. B. ein Schleimkügelchen, Milchkügelchen und Eiterkügelchen. So wie die Keime der Samenthierchen abgeschiedene Thierkeimchen sind, so können auch die Casein-Moleküle Milbeneier sein und doch Casein-Moleküle bleiben.

Ganz und gar in Uebereinstimmung damit steht die Entwickelung des Mutterkorns, Secale cornutum, wo sich nämlich aus dem Halm einer Frucht unter verschiedenen Umständen ein ganz fremdartiges Gewächs entwickelt, ein Schwamm statt einer Graspflanze.

Der Begriff des Eies schließt sich also ganz eng an den eines organischen Moleküls, d. i. eines solchen, welches aus Grundstoffen besteht, deren Aeußerungen unter verschiedenen Verhältnissen unendliche Modificationen erleiden, welche neue Verbindungen eingehen, andere aufnehmen und in sich einschließen, zu einem selbstständigen Ganzen sich verbinden und also sich von andern, mit denen sie ursprünglich verbunden waren, losmachen können. Die Käsemilbe, die Schimmelpflanze auf faulenden Früchten sind solche aus organischen Molekülen gebildeten Individuen, sind Resultate der in den Grundstoffen liegenden Molekularkräfte, so gut es die Samenthierchen sind.

Kurz: die gewöhnlichen Eierchen von Pflanzen oder Thieren sind nichts anderes als organische Moleküle, denen ähnlich, woraus alle organischen Stoffe bestehen. Sie sind Produkte organischer Körper und unterscheiden sich also von den Keimen anderer, welche, wie es heißt, durch generatio aequivoca entstehen, weder der Zusammensetzung, noch ihrer Natur nach. Organische Moleküle haben die Eigenschaft, wieder organische Moleküle zu erzeugen; in diesem Hauptpunkte sind die Eierchen und alle organischen Moleküle einander gleich.

Das Pflanzenreich liefert hierfür vortreffliche und unzählige Beispiele. Der Baumstamm trägt keine Blätter, sondern Zweige; die Zweige auch keine Blätter, sondern Blattstiele, und aus diesen, aus ihrer Spitze entfalten sich erst ihre Blätter.

Die Blume entwickelt sich aus der Spitze des Blüthenstengels, wie ein Stamm aus dem gelegten Samen aufschießt. Kein anderer Pflanzentheil ist fähig, jene hervorzubringen, und mehr noch, jedes Blüthentheilchen entwickelt sich aus seiner Anheftungsstelle. Die äußersten Zellen, welche da gefunden werden, sind die Ernährungszellen ganz eigenthümlicher Theile, welche durch keine andere Zellenart hervorgebracht

werden können. Jede Zelle ist also gleichsam das Ei für besondere Pflanzentheile; die am Ende des Blattstieles liegenden Zellen sind es z. B. für das Blatt, die in der Spitze des Blüthenstengels liegenden für die schönen Blüthenformen und alle ihre Theile. Das Propfen zeigt dies aufs Deutlichste.

So läßt sich die Vorstellung vom Ei in der That zu der von dem organischen Molekül zurückführen, und damit erledigt sich die Streitfrage über die generatio aequivoca und die epigenesis.

So reducirt sich auch die allgemeine Lebenskraft auf Molekülarkräfte. Lebenserscheinungen nennen wir die Gesammtwirkungen verschiedenartiger Zellen, welche je nach ihrer Verschiedenheit verschiedene Eigenschaften besitzen. In einer Pflanze müßten wir die allgemeine Lebenskraft in so viele besondere Kräfte zerlegen, als es verschiedene Zellenreihen giebt; wir würden sie mit anderen Worten auf die Zellenthätigkeit zurückführen müssen, und damit fällt der Begriff der Lebenskraft mit der Molekularkraft zusammen.

d. Uebertragung der Lebenskraft.

Die Vorstellung einer Uebertragung der Lebenskraft steht mit dem Begriff von Kraft im offenbaren Widerspruch. Geweckt wird die schlummernde, verstärkt die schwächere Kraft, aber eine Uebertragung derselben von einem Körper auf den andern ist undenkbar. Dies muß vorangestellt und festgehalten werden, wenn man sich erklären will, wie ein neues organisches Gebilde, welches von einem andern seine Existenz erhalten hat, Leben empfängt.

Wenn das Thier seinen Jungen von seiner Lebenskraft mittheilte, dann müßte es selbst ein entsprechendes Quantum verlieren; das sehen wir indessen nicht: vielmehr bleibt es oft Jahre lang nach bereits vollendeter Entwickelung der

erzeugten Wesen noch eben so kräftig. Der Baum, welcher eine Reihe von Jahren fortwährend Früchte trägt, und aus dessen Samen rings um den Mutterstamm herum neue Stämme in großer Anzahl aufgeschossen sind, lebt nach wie vor. Eine einzige Mohnpflanze bringt Tausende von Samenkörnern hervor, aus deren jedem wieder eine ebenso vollkommene Mohnpflanze emporwächst. Mittheilung der Lebenskraft ist hier, abgesehen von dem darin liegenden Widerspruch, undenkbar. Wir sehen sie sich unter unseren Augen entwickeln.

Welches ist aber der Träger dieses Keims der künftigen Lebensthätigkeit, und worin geschieht die Entwickelung? Der Träger ist in jenem Falle der Mohnsamen: eine kleine Menge organischer von allen anderen verschiedener Moleküle; ein wenig Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff, auf eigne Weise zu eigenthümlichen Körpern vereinigt, zu Körpern, welche sowohl durch Stoffmengung, wie Stoffvertheilung charakterisirt sind. Die Eigenthümlichkeiten, wodurch sie sich von amorphen Präcipitaten und Krystallen unterscheiden, verdanken sie ihrem Entstehen; ihre Elemente befinden sich in einer gewissen Tension, welche durch die organischen Moleküle der Pflanze, unter deren Einfluß sie früher standen, aus den darin schlummernden Kräften geweckt ist. Mehr besitzen sie nicht, als sie zeigen, und was sie äußern, ist Veränderung ihrer chemischen Zusammensetzung; der Stärkegehalt des Samens verwandelt sich allmälig in Gummi und Zucker, und so werden augenblicklich chemische Kräfte in Thätigkeit versetzt, welche mit der Entwickelung neuer Formen in innigem Verhältnisse zu stehen scheinen.

Eine andere Erscheinung tritt hinzu: Aufnahme neuer Stoffe von Außen. Diese bringen ihrerseits etwas mit; sie sind nicht schlechthin S t o f f e, sondern durch chemische Kräfte verbundene Stoffe. Davon wird etwas assimilirt und mit dem vereinigt, was sich bereits aus dem Samen

entwickelt hatte. Das schon vorhandene und das von Außen hinzugekommene Molekül leben nun beide, das erstere durch die Kraft, welche es von der Mutterpflanze mitgebracht hat, das zweite dadurch, daß es jenem gleich geworden ist. Die Möglichkeit dieser Erscheinung liegt in dem Stoffe selbst und in dessen Vermögen, den von dem ersten Molekül ausgehenden Kraftäußerungen nachzugeben; mit anderen Worten: das zweite Molekül mußte in sich die Fähigkeit besitzen, unter dem Einfluß des ersteren diesem gleich zu werden. Also hat das zweite Molekül Alles, was ihm eigenthümlich ist, nicht empfangen, sondern es ist in ihm geweckt. Demnach lebt auch dies Molekül, wie das erste, und kann seinerseits wieder neue Stoffe von Außen aufnehmen und sich in jeder Hinsicht gleich machen. So lebt dann auch das dritte Molekül, und so breitet sich das Leben immer weiter aus. Die einmal auf bestimmte Weise gruppirten Moleküle setzen sich von Neuem um und entwickeln dabei neue Kräfte, wie wir dies früher auseinandergesetzt haben. Hier prüfen wir nur den Begriff der Uebertragung der Lebenskraft.

Aus dem Mitgetheilten wird hinlänglich klar, daß die Eiche durch das Abfallen ihrer Frucht nichts an Lebenskraft verliert; kein Thier etwas bei der Zeugung; sondern daß in beiden Fällen nur gewisse Stoffmengen von dem Mutterkörper abgegeben werden, welche für sich die Fähigkeit besitzen, zuerst sich einigermaßen selbstständig zu entwickeln, dann Stoffe aufzunehmen und mit ihnen grade eben so viel Leben, als sie nachher zeigen. Die organischen Stoffe, mögen sie nun Keime oder Nahrungsstoffe heißen, besitzen Kräfte eigenthümlicher Art, welche in den vier Grundstoffen liegen, woraus sie alle bestehen.

II. Anorganische, organische und organisirte Körper; Pflanzen und Thiere.

Die Naturkörper zerfallen von selbst in zwei Hauptklassen; nämlich in solche, welche für gewisse Verrichtungen eigene Organe besitzen, und solche, welche dieselben entbehren. Die ersteren nennt man organisirte, die zweiten unorganisirte Körper. Die Stoffe, welche den organisirten Wesen angehören, oder von ihnen abstammen, nennt man organische Stoffe; die Bestandtheile der nicht organisirten Körper heißen unorganische Stoffe.

Es ist leicht, bei organisirten Körpern, welche viele oder sehr ausgebildete Organe besitzen, dieselben daran nachzuweisen. Das Auge, der Magen, die Leber sind solche Organe der sogenannten höheren Thierklassen. Was man darunter versteht, bedarf keiner Erklärung; aber auch bei der unvollkommensten Entwickelung organisirter Wesen kann darüber kein Zweifel sein. Organ heißt ja im Allgemeinen ein Werkzeug, wodurch bestimmte Verrichtungen zu Stande kommen, mögen diese nun sehr complicirt oder ganz einfach sein. Eine einfache Zelle ist solch ein Organ, dessen Wirksamkeit bloß in der Hervorbringung einer gleichartigen Zelle besteht.

Die Erzeugung neuer Körper ist einer bestimmten Classe von Naturprodukten eigen; diejenigen, welche die dazu fähigen Organe besitzen, heißen organisirte Wesen. Diese Organe sind zum Theil selbstständig, zum Theil wirken sie, zu einem Ganzen verbunden, zusammen, um das Ganze zu erhalten, ihm eine gewisse Selbstständigkeit zu ertheilen und gewisse Funktionen zu erfüllen, und bilden so die Körper, welche wir lebende nennen.

Lebende Wesen sind also organisirt, organisirte Wesen

leben, organisirte Körper haben gelebt oder leben. In Allem, was nicht gelebt hat noch lebt, fehlen solche Organe, und mit ihnen ihre Funktionen.

Die Mineralien sind in diesem Falle.

Ihre Zusammensetzung ist, bei aller Regelmäßigkeit der Form und aller Einfachheit in der Gruppirung der Atome, der Art, daß die Masse in dem Zustande, welchen sie einmal angenommen hat, zu verharren strebt. Das Ganze ist regelmäßig aus Theilen zusammengesetzt, welche so lange in Ruhe bleiben, bis durch äußere Ursachen neue Kräfte in ihnen geweckt werden. Das ganze Heer der Pflanzen und Thiere hat einen geradezu entgegengesetzten Charakter; alles, was dazu gehört, befindet sich in einem Zustande unaufhörlicher Bewegung, bis Umstände eintreten, welche die Bewegung in Ruhe überführen; in einem Zustande eines fortwährenden Stoffwechsels, welcher selbst dann noch anhält, wenn die Harmonie der Theile gestört und die selbstständige Existenz des Individuums vernichtet ist. Die ganze Pflanzen- und Thierwelt besitzt eine unzählige Menge von Gebilden, welche fast unaufhörlich in Thätigkeit begriffen sind, einer Thätigkeit, deren erste Aeußerung Stoffwechsel ist und deren übrige durch sehr verschiedene Erscheinung charakterisirt sind, welche wir zusammen unter dem allgemeinen Namen der **Lebenserscheinungen** begreifen. Die regelmäßige Aeußerung jener Erscheinungen bedingt die **Gesundheit**, eine Störung derselben verursacht **Krankheit**, ihr gänzliches Aufhören den **Tod**; ihr Zusammenwirken zu einem gemeinschaftlichen Zweck, hauptsächlich zur Aufrechterhaltung des Ganzen nennen wir **Leben**.

Die kleinsten Theile eines organisirten Körpers sind meistens solche kleineren Organe, deren sehr viele sich zu einem selbstständigen Ganzen vereinigen, um ein sogenanntes großes Organ (die Nieren zum Beispiel) zusammenzusetzen; aber dies selbstständige Ganze besteht doch aus nichts Anderm,

als aus den kleinen organisirten Partikeln, deren jedes mitwirkt, um die Funktionen des größeren Organs zu Stande zu bringen. So wie ein organisirtes Individuum aus Organen besteht, so ist ein Organ wieder aus kleinen Organen zusammengesetzt, und wie die Aeußerungen des ganzen Individuums von den Gesammtwirkungen der Organe abhängen, so sind die Funktionen des großen Organs Gesammtwirkungen der kleineren, welche das große als ein selbstständiges Ganzes auftreten lassen. Bei den meisten Organen ist also das Ganze die Summe aller kleinern Organe, so wie die Funktion des erstern ein Concretum aller Funktionen der letzteren zusammengenommen. Die einfachste Form einer Lunge ist eine mit einem Netz von Arterien und Venen durchwebte Luftzelle; die einfachste Form einer Speicheldrüse ein Körperchen, worin von der einen Seite arterielles Blut einströmt und daraus abgesonderter Speichel auf der andern Seite austritt. In demselben Sinne ist die einfachste Form einer Pflanze eine Zelle, da sie, unzählige Male genommen und in mannichfacher Gruppirung zusammengefügt, die Körper bildet, welche wir Pflanzen nennen.

Die Größe der Organe bestimmt also keineswegs, ob ein Körper überhaupt, oder mehr oder weniger organsiirt ist; die kleinsten Organe bleiben Organe und äußern sich durch gewisse Verrichtungen, durch Hervorbringung gewisser Erscheinungen, welche nicht ganz, aber zum Theil von äußern Umständen abhängig sind. Je nachdem indessen ein Körper mehrere verschiedene dieser Organe besitzt, deren jedes für sich oder deren Summe verschiedene Verrichtungen hervorbringt, nennt man ihn mit Recht mehr oder weniger vollkommen organisirt. In diesem Sinne giebt es eine bewundernswürdige Reihe von Gebilden; einige höchst einfach, andere sehr complicirt im Bau, in der Zahl der kleinern Organe oder ihrer Gruppen, und also auch in ihren Aeußerungen und Verrichtungen. Die niederen Pflanzenarten liefern

leben, organisirte Körper haben gelebt oder leben. In Allem, was nicht gelebt hat noch lebt, fehlen solche Organe, und mit ihnen ihre Funktionen.

Die Mineralien sind in diesem Falle.

Ihre Zusammensetzung ist, bei aller Regelmäßigkeit der Form und aller Einfachheit in der Gruppirung der Atome, der Art, daß die Masse in dem Zustande, welchen sie einmal angenommen hat, zu verharren strebt. Das Ganze ist regelmäßig aus Theilen zusammengesetzt, welche so lange in Ruhe bleiben, bis durch äußere Ursachen neue Kräfte in ihnen geweckt werden. Das ganze Heer der Pflanzen und Thiere hat einen geradezu entgegengesetzten Charakter; alles, was dazu gehört, befindet sich in einem Zustande unaufhörlicher Bewegung, bis Umstände eintreten, welche die Bewegung in Ruhe überführen; in einem Zustande eines fortwährenden Stoffwechsels, welcher selbst dann noch anhält, wenn die Harmonie der Theile gestört und die selbstständige Existenz des Individuums vernichtet ist. Die ganze Pflanzen- und Thierwelt besitzt eine unzählige Menge von Gebilden, welche fast unaufhörlich in Thätigkeit begriffen sind, einer Thätigkeit, deren erste Aeußerung Stoffwechsel ist und deren übrige durch sehr verschiedene Erscheinung charakterisirt sind, welche wir zusammen unter dem allgemeinen Namen der Lebenserscheinungen begreifen. Die regelmäßige Aeußerung jener Erscheinungen bedingt die Gesundheit, eine Störung derselben verursacht Krankheit, ihr gänzliches Aufhören den Tod; ihr Zusammenwirken zu einem gemeinschaftlichen Zweck, hauptsächlich zur Aufrechterhaltung des Ganzen nennen wir Leben.

Die kleinsten Theile eines organisirten Körpers sind meistens solche kleineren Organe, deren sehr viele sich zu einem selbstständigen Ganzen vereinigen, um ein sogenanntes großes Organ (die Nieren zum Beispiel) zusammenzusetzen; aber dies selbstständige Ganze besteht doch aus nichts Anderm,

als aus den kleinen organisirten Partikeln, deren jedes mitwirkt, um die Funktionen des größeren Organs zu Stande zu bringen. So wie ein organisirtes Individuum aus Organen besteht, so ist ein Organ wieder aus kleinen Organen zusammengesetzt, und wie die Aeußerungen des ganzen Individuums von den Gesammtwirkungen der Organe abhängen, so sind die Funktionen des großen Organs Gesammtwirkungen der kleineren, welche das große als ein selbstständiges Ganzes auftreten lassen. Bei den meisten Organen ist also das Ganze die Summe aller kleinern Organe, so wie die Funktion des erstern ein Concretum aller Funktionen der letzteren zusammengenommen. Die einfachste Form einer Lunge ist eine mit einem Netz von Arterien und Venen durchwebte Luftzelle; die einfachste Form einer Speicheldrüse ein Körperchen, worin von der einen Seite arterielles Blut einströmt und daraus abgesonderter Speichel auf der andern Seite austritt. In demselben Sinne ist die einfachste Form einer Pflanze eine Zelle, da sie, unzählige Male genommen und in mannichfacher Gruppirung zusammengefügt, die Körper bildet, welche wir Pflanzen nennen.

Die Größe der Organe bestimmt also keineswegs, ob ein Körper überhaupt, oder mehr oder weniger organsiirt ist; die kleinsten Organe bleiben Organe und äußern sich durch gewisse Verrichtungen, durch Hervorbringung gewisser Erscheinungen, welche nicht ganz, aber zum Theil von äußern Umständen abhängig sind. Je nachdem indessen ein Körper mehrere verschiedene dieser Organe besitzt, deren jedes für sich oder deren Summe verschiedene Verrichtungen hervorbringt, nennt man ihn mit Recht mehr oder weniger vollkommen organisirt. In diesem Sinne giebt es eine bewundernswürdige Reihe von Gebilden; einige höchst einfach, andere sehr complicirt im Bau, in der Zahl der kleinern Organe oder ihrer Gruppen, und also auch in ihren Aeußerungen und Verrichtungen. Die niederen Pflanzenarten liefern

Beispiele zum ersten, die höhern Thierklassen zum letzten Falle.

Es bedarf kaum der Erwähnung, daß jedes Organ und jeder Theil desselben materiell verschieden ist von solchen, denen andere Verrichtungen obliegen. Nicht bloß dem Stoffe nach, sondern auch in der Form und der Anordnung der Theile unterscheiden sie sich bei verschiedenen Funktionen, ja selbst bei gleichen Funktionen in verschiedenen Klassen derselben Individuen. Daher eine so unendliche Mannigfaltigkeit der Produkte.

Sie sind im Stande, den von Außen ihnen dargebotenen Stoffen eine neue Gruppirung der Elemente zu verleihen; und ihre Produkte sind also unzählbar. Die durch Organe hervorgebrachten Stoffe nennt man o r g a n i s c h e Stoffe; organisirt heißen sie, sobald sie selbst Organe sind oder Organe enthalten. Organisirte Körper sind also auch zugleich organische, aber die organischen nicht immer organisirt.

Organische, unorganisirte Stoffe unterscheiden sich ihrer Natur nach in nichts von den unorganischen, aber in Hinsicht der Anordnung ihrer Theile weichen sie von jenen ab. Die Grundstoffe des organischen Reichs findet man auch außerhalb desselben und zwar überall mit denselben Eigenschaften. Indessen gehen sie unter gewissen Umständen Verbindungen ein, welche von den Umständen selbst abhängig sind. Das Streben nach Vereinigung, welches in den Elementen liegt und nicht außerhalb derselben gesucht werden muß, und welches von nichts Anderem abhängig ist, als von den dem Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff eigenthümlichen Grundkräften, dies Streben nach Vereinigung, durch gewisse Bedingungen zu einem bestimmten Grade erhöht, veranlaßt die Bildung neuer Körper. Kleine Temperaturunterschiede reichen hin, um aus denselben Elementen ganz verschiedene Körper (in den chemischen Laboratorien) zu erzeugen; die An- und Abwesenheit eines dritten Stoffes und so manche andere Umstände haben bei den gewöhnlichen chemischen Versuchen den größten Einfluß auf die Natur der

Produkte, welche durch Vereinigung zweier oder mehrerer Elemente entstehen.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, müssen verschiedene Organe aus denselben von Außen zugeführten Stoffen die verschiedenartigsten Produkte hervorbringen. Fügt man noch zu der unendlichen Menge verschiedener Organe der Pflanzen und Thiere die Verschiedenheit der von Außen hinzukommenden Stoffe, so wird es begreiflich, wie aus zwei, drei oder vier Elementen die unendliche Menge neuer Verbindungen erzeugt werden kann, welche die organische Chemie aufzuweisen hat. Mit einem Worte: jeder Stoffwechsel in dem organischen Reich ist gleich dem in der unorganischen Natur, Folge der Grundkräfte der Elemente, und darf keiner andern Ursache zugeschrieben werden.

Die Natur dieser Produkte bestimmt also mehr oder weniger die Natur der Funktionen der Organe, aber es giebt noch manche andere Aeußerungen derselben, welche sich viel weiter als auf bloßen Stoffwechsel erstrecken. Eine Menge Individuen haben das Vermögen sich willkürlich zu bewegen, und entsprechende Organe, deren Stoffwechsel sich bloß auf Selbsterhaltung beschränkt (Muskeln); sie haben ferner ein ganzes System von Organen, vermöge welcher sie Stoffe von Außen aufnehmen, sie einige Zeit behalten und zum Theil verarbeiten und zur Bildung neuer organischer Produkte verwenden (Verdauungswerkzeuge); sie haben eigenthümliche Apparate, durch welche gewisse Eindrücke der Außenwelt einem geistigen Wesen mitgetheilt werden, welches Wahrnehmungsvermögen, Willenskraft, ja selbst Bewußtsein hat (Sinnesorgane); einem Wesen, welches nach bestimmten Regeln wählt, urtheilt und schließt, welches sich früherer Zustände erinnert und neue Zustände fingirt als ob sie wirklich beständen; einem Wesen, welches sich bewußt ist, warum es existirt, was es ist und was es werden muß; einem Wesen, welches die Ursache jeder Erscheinung mehr oder weniger ergründen

oder wenigstens bewundern kann, welches sich als ein unvollkommenes Ebenbild der Gottheit erkennt, welche die Welten regiert und die Stäubchen erhält; einem Wesen, welches sittlichen Werth bekommen kann, Gutes vom Bösen unterscheidet und sich seiner Unsterblichkeit bewußt ist.

Unaussprechliche Schönheit der materiellen Welt! Am einen Ende der organisirten Natur steht der geistige Mensch, welcher eine Zeitlang den meisterhaften göttlichen Bau bewohnt, einer sittlichen Entwicklung fähig, welche ihn mit der ganzen Natur und ihren Schönheiten vertraut macht; am andern Ende die kaum sichtbare Schimmelpflanze, so einfach in ihrer Zusammensetzung, als unansehnlich, so arm an Organen, wie der menschliche Körper reich daran ist.

So leicht diese beiden äußersten Glieder der organisirten Natur von einander zu unterscheiden sind, da kaum noch eine Aehnlichkeit aufgefunden werden kann, so schwer fällt es, wenn man von dem einen Ende herab und von dem andern hinauf steigt, zwischen Thieren und Pflanzen eine scharfe Grenze zu ziehen.

Das Resultat aller Versuche, jene Scheide zu finden, ist dieses: daß die Formen der Individuen, welche den Uebergang zwischen der Thier- und Pflanzenwelt bilden, und woran sich beide in gleicher Ordnung anschließen, nicht erlauben, sie zu einer von beiden allein zurückzuführen, sondern daß sie eben so wohl zu den Pflanzen als Thieren gezählt werden können.

Zwischen den Stoffen, woraus Thiere und Pflanzen bestehen, findet unter einigen bestimmten Verhältnissen ein merkwürdiger Uebergang Statt. Ich meine die Entstehung parasitischer Pflanzen auf Thieren. Miguel *) hat einen epizootischen Pilz, Isaria cycadae, und Virey **) eine Muskardine der Seidenraupe beschrieben. Er hat später ***)

*) Bulletin 1838 pag. 85. **) Journal de Pharmacie. 1838. pag. 83.

***) Journal de Pharmacie, Novembre 1841. pag. 703.

noch andere Beobachtungen mitgetheilt, wornach die Tinea lupinosa von Güy der Chanliak zu einer Art von mucor aus dem Geschlecht der mycodermata gehört. In der Kruste, welche den behaarten Theil des Kopfes der Kinder u. s. w. bedeckt, finden die Sporen dieser Pflanzenart einen fruchtbaren Boden, dringen in die Haut und erhalten und nähren sich daselbst; dahin gehören die kleieähnlichen Schimmelarten, mucors u. s. w., welche zu der Ordnung der Coniomycetes von Nees von Esenbeck gehören. Eine Menge flechtenartiger Hautausschläge gehören zu den schwammartigen Moosen. Meynier von Ornans hat die Warzen der Menschen zu den Gynosphorangen gezählt (?). Ob der Lungentuberkel ein Cycoperdon und der Krebs eine Uredo caries ist, läßt sich schwer entscheiden.

Wenn also auch Niemand im Zweifel ist über Charaktere, welche der Eiche und dem Löwen zukommen, deren jedes dem Geist einen Totaleindruck mittheilt wie eine Norm, wornach Thiere und Pflanzen bestimmt und unterschieden werden, so hat doch die Natur auch Uebergangsformen gebildet, welche keine bestimmte Classificirung gestatten.

Alle Versuche, eine bestimmte Grenze zwischen dem Thier- und Pflanzenreich zu ziehen, sind daher fruchtlos. Zu den letzten dieser Art gehören die von Dumas (Comptes Rendues 28. Nov. 1842). Dieser meint, daß die folgenden Unterschiede ein neues System begründen, und der verschiedene Charakter dadurch deutlich ausgesprochen werde.

Die Pflanze

erzeugt neutrale stickstoffhaltige Körper,
erzeugt Fette,
erzeugt Zuckerarten, Mehlstoffe,
erzeugt Gummiarten,
zersetzt die Kohlensäure,
zersetzt Wasser,
zersetzt Ammoniaksalze,

entwickelt Sauerstoff,
nimmt Wärme auf,
nimmt Electricität auf,
ist ein Reductionsapparat,
ist unbeweglich.

Das Thier

verzehrt neutrale stickstoffhaltige Körper,
verzehrt Fette,
verzehrt Zuckerarten, Mehlstoffe,
verzehrt Gummiarten,
erzeugt Kohlensäure,
erzeugt Wasser,
erzeugt Ammoniaksalze,
absorbirt Sauerstoff,
erzeugt Wärme,
erzeugt Electricität,
ist ein Oxydationsapparat,
hat willkürliche Bewegung.

Man muß mit dem Standpunkte der Wissenschaft unbekannt sein, um alle zusammengeschriebenen Sachen für neu und das Obige für wahr zu halten. Nicht ein einziges der genannten Unterscheidungsmerkmale kann die Probe bestehen, wie allgemein bekannt ist, und wie sich aus dem Folgenden ergeben wird.

So wie die Pflanzen und Thiere durch keine scharfe Grenze sich trennen lassen, eben so ist es mit den unorganisirten und organisirten Körpern der Fall. Wenn die Organe ein Minimum von Funktion besitzen, so befinden wir uns an dem äußersten Ende der Körperreihe, deren zusammengesetztere Glieder sich von einem Mineral wohl unterscheiden lassen, aber deren einfachste uns den Weg bahnt zu der Kenntniß einer andern Reihe von Körpern, welche, ganz von Umständen abhängig, in sich kein Vermögen besitzen, etwas anderes zu äußern als die gewöhnlichen Eigenschaften der Materie.

Die allgemeinen Kennzeichen der organisirten und lebenden Körper sind Entwicklung, Wachsthum, Fortpflanzung und Tod. Diese den Thieren und Pflanzen gemeinsamen Eigenschaften werden bei jenen noch durch das Vermögen vermehrt, äußere Eindrücke zu empfinden und sich nach Willkühr zu bewegen. Nach Schleiden *) wird das Thier durch ein Streben des Organismus charakterisirt, sein Leben zu einer möglichst hohen Stufe von individueller Absonderung zu entwickeln und seine wichtigsten Organe im Innern zu verbergen, während es nach Außen hin eine möglichst gleichförmige Oberfläche zeigt; die Pflanze trägt im Gegentheil ihre Hauptorgane mehr äußerlich, entwickelt sich sehr nach Außen und ist an der Oberfläche am vollkommensten ausgebildet.

Fehlen einem Körper diese den Pflanzen und Thieren gemeinschaftlich zukommenden Eigenschaften, so ist es entweder ein unorganisches oder ein todtes organisches Gebilde. Die letzteren charakterisirt die Unthätigkeit der bestehenden Organe, die ersteren der gänzliche Mangel derselben.

Die fast ganz aus Eisenoxydkörnchen bestehenden Skelette der Gallionella ferruginea von Ehrenberg **) zeigen, daß ein fast ebenso unmerkbarer Uebergang zwischen organischen und unorganischen Körpern existirt, wie zwischen Thieren und Pflanzen ***).

Binäre, ternäre Verbindungen.

Man hat eine scharfe Grenze zwischen den organischen und unorganischen Körpern ziehen zu können geglaubt, indem man annahm, daß in den ersten ternäre und quater-

---

*) Grundzüge der wissensch. Botanik I. S. 29.

**) Schleiden, Grundzüge der wissensch. Botanik, S. 24.

***) Ueber den Unterschied zwischen Pflanzen und Thieren siehe Kulorga, Naturgeschichte der Infusionsthiere, St. Petersburg und Carlsruhe 1839 und 1841. S. 30.

näre, in letzteren nur binäre Verbindungen vorkämen. Diese Unterscheidung ist nicht nur ganz willkührlich, sondern auch durchaus unchemisch. Wer einigermaßen mit der heutigen organischen Chemie vertraut ist, weiß, daß bereits eine Menge zusammengesetzter Radikale gefunden sind, und daß mit der Auffindung des ersten Radikals das Wort »ternäre oder quaternäre Verbindung« seine Bedeutung verlor. Aether besteht nicht aus $C_4H_{10}O$, sondern ist $C_4H_{10} + O$. Der Sauerstoff kann daraus fortgenommen und durch Schwefel, Chlor, Brom, Jod, Cyan ersetzt werden. Es giebt ein Aethyl C_4H_{10}, eine binäre Verbindung, welche sich mit Sauerstoff, Schwefel u. s. w. vereinigt und damit andere binäre Verbindungen bildet. Ohne Zweifel sind alle organischen Körper auf ähnliche Weise zusammengesetzt, aber von sehr vielen kennt man noch die Radikale nicht. Vor wenigen Jahren war noch kein einziges bekannt; die Wissenschaft entdeckt deren gegenwärtig immer mehr und gewährt die Aussicht, daß jeder organische Körper auf sein Radikal zurückgeführt werden wird.

Will man zwischen den organischen und unorganischen chemischen Körpern einen Unterschied machen, so kann man sagen, daß in ersteren zusammengesetzte, in letzteren einfache Radikale vorkommen. Aber ist dieser Unterschied in der Verschiedenheit der beiden Naturreiche begründet, oder durch die Verschiedenheit der Natur des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Stickstoffs? Die Antwort ergiebt sich von selbst, denn das organische Reich ist aus den vier Grundstoffen, aber letztere nicht durch das organische Reich entstanden. Daß alle organischen Körper zusammengesetzte Radikale besitzen, ist sogar zweifelhaft; im Gegentheil ist es wahrscheinlich, daß Cellulose, Stärke, Gummi u. s. w. aus Kohlenstoff und Wasser bestehen. Die Veränderung der Gerbsäure in Gallussäure bestärkt diese Vermuthung (siehe Gerbsäure).

Juxtaposition.

Ein anderer wesentlicher Unterschied soll in der Art und Weise liegen, wie die organisirten und unorganisirten Körper entstehen. In diesen nimmt man Juxtaposition an; in jenen Wachsthum, Ablagerung eines festen Körpers in irgend einem Theile. Diese Unterscheidung ist erstlich nicht vollkommen genau; denn die Hörner, Nägel und Haare, sämmtlich Proteinverbindungen, entstehen durch Juxtaposition. Für die Haare hat Dr. von Laer dies besonders bewiesen und über allen Zweifel erhoben.

Aber verfolgen wir die Juxtaposition in der unorganischen Natur. Wenn Gyps mit Wasser angerührt zu einer festen Masse erstarrt, wo ist da Juxtaposition? Verhält es sich anders mit der Ablagerung der Knochensubstanz in den Knochenzellen? Breitet sich die Knochensubstanz der Schädelknochen nicht strahlenförmig von einem Centrum aus? Nehmen wir ein Beispiel aus dem Pflanzenreich.

Wie geschieht die Holzbildung? Ist es keine wahre Uebereinanderlagerung, wenn gegen die Zellenwand Holzsubstanz in Schichten sich absetzt? Aber auch bei gewöhnlicher Entwickelung eines Organs ist dies nicht anders. Materie kann die Materie nicht durchdringen; ist einmal ein Keim eines durch Juxtaposition entstandenen Organs ausgebildet, so kann dies Organ an Umfang nicht zunehmen, ohne daß ein Theilchen sich dicht an das andere legt und dies dadurch verschiebt; und darin haben wir wahre Juxtaposition. Die Entwickelung der Zellen, welche erst in neuester Zeit genauer studirt ist, bestätigt dies vollkommen *). Der Unterschied findet sich indessen zwischen Krystallen und manchen organischen Gebilden, daß die zellenartigen und faserigen

*) Siehe Schwan, mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin 1839, S. 191. flg.

Grundformen der letztern bei jenen fehlen; ebenso fehlen die symmetrischen Formen in der organischen Natur. Diese ist den symmetrischen Formen eben so fremd, wie die unorganische Natur der Zellen- und Faserbildung; denn selten findet man in dem Pflanzen- oder Thierkörper krystallinische Stoffe, und diejenigen, welche regelmäßig krystallisiren können, sind meist darin in einem sehr vertheilten Zustande oder gelöst enthalten. Von dem schön krystallisirbaren Thein findet man weder im Kaffee noch im Thee Spuren eines Krystalls.

Nimmt man hinzu, daß manche organische Körper, nur unter günstige Verhältnisse gebracht, Juxtaposition bekommen, z. B. Weinsäure, Citronensäure u. s. w., Morphin, Narcotin, manche Harze, Kampher u. s. w., lauter organische Gebilde, dann fällt der in diesem Sinne gemachte Unterschied zwischen organischer und unorganischer Natur ganz weg. Organisirte und nicht organisirte Wesen unterscheiden sich indeß dadurch, daß die erstern in der Regel zellige, letztere meist krystallinische Textur haben, jene Funktionen erfüllen, diese dazu ganz unfähig sind. Daß die Ursachen dieser Verschiedenheit von den Kräften abgeleitet werden muß, welche ursprünglich in den vier organischen Molekülen und in den aller übrigen Elemente liegen, ist nach dem Obigen nicht anders denkbar. Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff haben die Eigenthümlichkeiten, welche wir in tausendfachen Folgen in der organischen Natur wahrnehmen. Jene Elemente sind potenzirt, wenn dies Wort in der Wissenschaft beibehalten werden soll.

Endlich ist zwischen Pflanzen und Thieren, welche beide durch Zellenform der zusammensetzenden Organe charakterisirt sind, der wesentliche Unterschied, daß bei den Pflanzen die Zellensubstanz Cellulose $C_{24}H_{42}O_{21}$ ist, während sie bei den Thieren aus $C_{13}H_{20}N_4O_5$ oder den beim Kochen leimgebenden Stoffen besteht: ein Unterschied, welcher nach unserm jetzigen Wissen bei keiner Pflanze und keinem Thiere eine Ausnahme erleidet.

III. Die Atmosphäre in ihrem Verhältniß zur organisirten Natur.

In der ganzen Natur existirt ein inniger Zusammenhang zwischen den verschiedenen Wirkungen, so daß die Vernichtung der einen stets die Störung einer andern zur Folge hat, gleich wie durch Auflösen eines Gliedes der Zusammenhang einer ganzen Kette aufgehoben wird. Wenn das Wasser sein Vermögen verlöre zu verdampfen, so würde alles Lebendige von der Erde verschwinden; eine plötzliche Veränderung in der Zusammensetzung der Atmosphäre hätte eine augenblickliche Vernichtung von Tausenden der lebenden Wesen auf der Erdoberfläche zur Folge. Hier wird durch das Zusammenwirken vieler thätigen Ursachen eine Erscheinung, ein Körper hervorgebracht; dort ist Vernichtung des einen erste Bedingung zum Entstehen des andern.

Nichts befremdet bei einer oberflächlichen Betrachtung mehr als das Wechseln der Formen und die Veränderung der Gestalten, welche ein Stoff nach einander erleidet, und Nichts erregt bei tieferer Erkenntniß der Naturgesetze eine größere Bewunderung als die Erscheinung, daß nur die Gestalt vergeht, der Stoff zwar die Form verändert, aber selbst unvergänglich ist. Wir denken, sehen, fühlen und sprechen mit einander vermittelst komplicirter aus einer Masse von Grundstoffen zusammengesetzter Organe, welche Stickstoff, Wasser

stoff, Sauerstoff, Phosphor, Schwefel, Kalk, Magnesia, Eisen, Kochsalz, Kohlensäure und noch manche andere Verbindungen enthalten; aber diese Organe bestehen nur für kurze Zeit in unverändertem Zustande. Bei dem Athmungsproceß verlieren wir etwas und nehmen dafür etwas anderes auf; die Ausdünstungen der Haut und überhaupt alle Abscheidungen befördern den Wechsel; und was wir heute sind, sind wir schon morgen nicht mehr; selbst nach einigen Augenblicken ist unser Körper nicht mehr derselbe.

Die organische Masse, woraus der menschliche oder Thierkörper besteht, ist ein Compositum von Stoffen, welche wir durch gewisse Organe in den Körper führen. Was jetzt ein Theil des menschlichen Körpers ist, gehörte vor einigen Tagen einem Thierkörper an, war vor einigen Wochen noch ein Bestandtheil der Pflanzen. Und die Substanzen, woraus wir heute bestehen, dienen vielleicht nach wenigen Monaten wiederum der Pflanze zur Nahrung.

Jedes Organ ist ein Theil der Atmosphäre und der Erdoberfläche, und ist davon nur auf kurze Zeit geschieden, um bald wieder dahin zurückzukehren. Dann ernähren die Bestandtheile unsers Körpers wieder Pflanzen und Thiere, und der spätere Mensch zehrt ohne Zweifel von der Substanz seiner Vorfahren.

So hat die Gottheit mit einer kleinen Menge Stoffe durch einmaliges Verleihen bestimmter Kräfte unzählige Zwecke zu erreichen gewußt, auf deren Erforschung das Streben des Naturforschers gerichtet ist.

Die sparsame Natur hat, wie bekannt, hauptsächlich aus vier Grundstoffen alle organischen Wesen gebildet. Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff sind die Bestandtheile von allem, was lebt oder gelebt hat. Hiermit vereinigen sich noch einige sogenannte unorganische Stoffe, um das organische Ganze vollkommen zu machen. Es ist also von Wichtigkeit, die Veränderungen zu studiren, welche die

Verbindungen jener Stoffe erleiden, wenn sie bald einen Pflanzentheil ausmachen, bald dem thierischen Organismus angehören.

Ferner ist bekannt, daß die Thiere sich von den Pflanzen ernähren, und daß also die Pflanzen es sind, wodurch jene an die Erdoberfläche gebunden werden. Aus diesem Gesichtspunkte betrachtet müssen uns jene Gebilde, welche der todten Erde Duft und Farbe verleihen, von der höchsten Wichtigkeit erscheinen. Diejenigen, welche als Nahrungsmittel dienen, machen in der That nur eine kleine Menge vom Ganzen aus; der Mensch benutzt kaum den hundertsten Theil der auf der Erde vorkommenden Gewächse. So bleibt die Wahrheit unbestreitbar: ohne Pflanzen keine Thiere, die Infusorien ausgenommen.

Zum dritten ist bekanntlich das, was wir gewöhnlich Fäulniß nennen, nichts anderes als Veränderung der Form. Unter dem Einfluß der Lebensthätigkeit hat ein Körper eigenthümliche Kräfte erhalten, welche mit Vernichtung der ersteren wieder in den früheren Zustand der Unthätigkeit zurückgehen. Werden die durch die Lebenskraft erzeugten Verbindungen dem fernern Einflusse derselben entzogen, so gehen daraus eine Menge gasförmiger, flüssiger und fester Produkte hervor, welche eben so viele und dieselben Stoffe enthalten, wie der Körper, woraus sie entstanden. Da haben wir eine neue Wirkung der Kräfte, wodurch die Natur die organische Welt erhält. Mit der Vernichtung des Organismus beginnt ihre Thätigkeit; sowie das Leben die Ursache ihrer Vernichtung ist. Wenn in einem organischen Ganzen das Streben der zusammensetzenden Theile nach einem gemeinschaftlichen Ziele, die Erhaltung des Ganzen und also das Leben aufhört, so beginnt unmittelbar darauf schon wieder neues Leben. Die neuen Produkte sind zwar Ekel erregend, aber nichts desto weniger tragen sie den Keim der schönsten Verbindungen in sich. Die schönste Pflanze ist aus keinen andern als solchen

Verwesungsstoffen entstanden, und auch der Mensch entlehnt von ihnen seine Bestandtheile.

Ein Viertes kann ebenfalls als bekannt angenommen werden; nämlich die Wichtigkeit der schwarzen Erdschicht, welche unsern Planeten an manchen Stellen bis zur Dicke mehrerer Fuße umgiebt. Könnte man diese Erdkruste hinwegnehmen, so würde man damit Alles, was darauf lebt, augenblicklich vernichten, oder einem schnellen Untergang entgegenführen. Nur auf ihr gedeihen die Pflanzen, wo sie fehlt, findet man entweder keine oder nur ungesunde Gewächse. Sie ist der Standort der an die Erde festgebannten organischen Wesen; in wie weit sie dieselben ernährt, wird weiter unten entwickelt werden.

Ich füge endlich noch eine fünfte Thatsache hinzu, welche jetzt hinlänglich bewiesen ist: nämlich die Bedeutung der gasförmigen Hülle, welche bis auf eine ansehnliche Entfernung unsern Erdball umgiebt, dieses Luftoceans, welcher in seiner Wuth Paläste niederreißt und in den Augenblicken der Ruhe Felsen in Staub verwandelt, welcher stets auf Vernichtung ausgeht von Allem, was ihm auf der Erdoberfläche an todten Stoffen dargeboten wird, und der wiederum alles Leben erhält. Was da lebt, bedarf der atmosphärischen Luft. Sie ist der Nahrungsstoff für Pflanzen und Thiere, sie verleiht den organischen Wesen mit den Stoffen Kräfte; sie ist die wahre Lebensquelle für alles Lebendige auf unserm Planeten.

Wir erwähnten so eben einer der wunderbarsten Naturerscheinungen, nämlich des unaufhörlichen Wechsels derselben Stoffe, welche, unter den verschiedensten Gestalten auftretend, bald als Bestandtheile der Atmosphäre oder der schwarzen Erdrinde unsern Erdball umgeben, bald die Organe der Pflanzen und Thiere zusammensetzen.

Als allgemeines Gesetz haben wir erkannt, daß derselbe Stoff zwar mancherlei Formen annehmen und neue Verbin-

dungen eingehen, keineswegs aber seine Natur verändern kann, und daß die Natur mit denselben Stoffen zu verschiedenen Zeiten verschiedene Zwecke erreicht. Die Körper, welche jetzt die Erde schmücken, werden, insofern sie organisirt sind, nach kurzer Zeit vernichtet; ihre Bestandtheile vereinigen sich auf eine ganz neue Weise, bilden neue Formen und sind in der Zwischenzeit Bestandtheile der Erdrinde oder der Atmosphäre.

Nur eine kleine Menge Stoffe im Verhältniß zur großen Erdmasse wird dazu von der Natur verwandt. So reich und unerschöpflich sie in der Erhaltung des Lebens zu sein scheint, so beschränkt sind ihre materiellen Mittel. Die Anzahl der Thiere und Pflanzen, welche gleichzeitig auf der Erde existiren, kann kaum größer sein als gegenwärtig, weil es an den zu ihrem Bestehen erforderlichen Stoffen fehlen würde. Nimmt die Thierwelt überhand, so muß die Pflanzenwelt abnehmen, denn jene nähren sich von den Bestandtheilen der letzteren. Die dünne Erdkruste, die Bestandtheile der Thiere und Pflanzen und ein kleiner Theil der Atmosphäre machen den ganzen Vorrath für die Erzeugung und Erhaltung aller lebenden und organisirten Körper aus.

Werfen wir nun einen Blick auf die Atmosphäre und ihr Verhältniß zur organisirten Natur. Ich will zuerst über ihre Zusammensetzung sprechen, welchen Einfluß sie gegenwärtig auf das Leben der Pflanzen und Thiere ausübt, und welche Bedeutung letztere wieder für die Atmosphäre haben; zweitens, wie sie früher wahrscheinlich beschaffen gewesen ist und über ihren damaligen Einfluß; und endlich über die Ursachen, welche gegenwärtig ihre Zusammensetzung ändern können, um daraus die mögliche Beschaffenheit derselben für zukünftige Zeiten abzuleiten.

Wir kennen die Atmosphäre als eine unsichtbare, leicht bewegliche Hülle des Planeten, welche sich bis auf sehr weite Entfernungen von demselben erstreckt und jeden leeren Raum

auszufüllen strebt. Durch allgemeine und besondere Ursachen in beständiger Bewegung erhalten, bildet sie ein vollkommen gleichförmiges Gemenge der wenigen Körper, welche ihre Hauptbestandtheile ausmachen, aber sie ist zugleich das Reservoir für alle gasförmigen Substanzen und alle Ausdünstungen der Erdoberfläche. Ohne jene Bewegung würde jede Veränderung in der Zusammensetzung der Atmosphäre verpestend auf das Leben der Thiere und Pflanzen einwirken, jeder organische Körper würde seine eigene Atmosphäre bekommen, die brauchbaren Bestandtheile derselben consumiren, die unbrauchbaren zurücklassen, und so würde er bald von allem, was nicht zu seiner unmittelbaren Umgebung gehört, getrennt sein.

Denken wir uns einen unbeweglichen Dunstkreis, woraus jeder Organismus entnimmt, was er bedarf, und welcher alles behält, was nicht assimilirbar ist: alles Leben wird binnen wenigen Tagen von der Erdoberfläche verschwunden sein. Es ist also eine weise Einrichtung, daß die Atmosphäre durch mancherlei Ursachen in unaufhörlicher Bewegung erhalten wird. Was dem einen organisirten Wesen schadet, ist dem andern Bedürfniß, was das eine im Ueberfluß ausgiebt, wird von dem andern assimilirt; was hier in großer Menge entwickelt schädlich sein würde, wird durch unendliche Vertheilung, durch die Bewegung der Luft unschädlich gemacht.

Ich leite absichtlich die Aufmerksamkeit zuerst auf diese unaufhörliche, durch Temperaturunterschiede und andere Ursachen erzeugte Bewegung der Atmosphäre, weil darin der direkte Beweis liegt, daß, wie sie auch immer zusammengesetzt sein mag, und welche Bestandtheile ihr entzogen oder wiedergegeben werden mögen, sie stets ein homogenes Gemenge bleiben und in allen Höhen über der Erdoberfläche gleiche Zusammensetzung haben muß Unmittelbare Folge dieser weisen Einrichtung ist, daß alle organisirten Wesen

überall im gleichen Maaße dem Einflusse der Atmosphäre ausgesetzt sind.

Die Hauptbestandtheile der atmosphärischen Luft sind: Sauerstoff und Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf; die Quantitäten der beiden letzteren variiren unter verschiedenen Umständen auf eine durch das Experiment noch wahrnehmbare Weise. Aber eine Differenz in dem Verhältniß der beiden ersten Bestandtheile läßt sich durch die schärfsten Beobachtungen nicht nachweisen. Ihre relativen Mengen verhalten sich bekanntlich wie die Zahlen 21:79, während der Kohlensäuregehalt im Durchschnitt ein halbes Tausendstel beträgt; die Quantitäten des Wasserdampfs variiren am meisten.

Zu diesen Hauptbestandtheilen der atmosphärischen Luft kommen noch unzählige andere. Die Ausdünstungen der organisirten Wesen, die Produkte der Vulkane und der künstlichen Verbrennungen, die Gasentwickelungen aus Gruben und anderen Oeffnungen der Erdoberfläche, die Dämpfe flüchtig werdender fester Körper, die flüchtigen Oele der Pflanzen, die gasförmigen Produkte der Fäulniß der Thier- und Pflanzenkörper, die Exhalationen der Menschen und Thiere, die großen Quantitäten der bei den Gewerben und manchen chemischen Processen verdampfenden Substanzen, und endlich die flüchtigen Bestandtheile thierischer Excremente sind Ursachen der Verunreinigung der Atmosphäre und der mannichfachen Veränderung ihrer Zusammensetzung.

Ein einziger Umstand verhindert, daß jene Stoffe sich in größerer Menge in der Luft ansammeln: der Regen, diese einfache und doch so mächtige Naturerscheinung, führt bei seinem Fall alles mit sich herab, was in der Luft schwebt und nicht zu ihren wesentlichen Bestandtheilen gehört, und während er sie von allen schädlichen Beimengungen säubert, giebt er letzteren zugleich Gelegenheit, sich an der Erdoberfläche mit den vorhandenen Stoffen zu neuen unschädlichen Verbindungen zu vereinigen.

Die durch den Regen gereinigte und durch Luftströmungen in unaufhörlicher Bewegung erhaltene Atmosphäre bleibt also stets ein gleichförmiges Gemenge jener vier Substanzen; auf ihre Bestimmung beschränkt sich allein die quantitative Untersuchung.

Was zuerst den Sauerstoff- und Stickstoffgehalt betrifft, so ist es noch gar nicht lange her, daß darüber die ersten Versuche angestellt sind. Hat man doch erst vor kurzer Zeit in der Wissenschaft angefangen zu messen und zu wägen. Lavoisier bediente sich zuerst der Wage, gebrauchte sie aber wenig; bei der Feststellung des Kilogrammgewichts am Ende des vorigen Jahrhunderts wurde es von der dazu niedergesetzten Commission zu Paris als eine Merkwürdigkeit aufgezeichnet, daß die vom Mechanikus Fortin verfertigte Wage noch für ein Milligramm empfindlich war. Die Kunst zu messen und zu wägen ist also kaum sechszig Jahre alt; älter kann daher auch die genaue Bestimmung der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft nicht sein.

Von den in dieser Beziehung angestellten Untersuchungen sind außer den älteren von Scheele, Priestley, Cavendish, Horace Benedikte de Saussure, besonders die von Volta, de Martin, Spallanzani, Berger, Configliachi, Dalton, Humphry und Edmund Davy, Biot, Gay-Lussac, von Humboldt, Brunner, Theodore de Saussure, Verver und Dumas von Wichtigkeit.

Früher hielt man die Zusammensetzung für veränderlich. Man erfand ein Instrument, um den Sauerstoffgehalt zu bestimmen. Je größer er gefunden wurde, um so tauglicher hielt man die Luft für die Respiration, deshalb nannte man jenes Instrument Eudiometer, Tauglichkeitsmesser der Luft.

Die Unveränderlichkeit dieses Gemenges ist erst 1804 durch von Humboldt und Gay-Lussac nachgewiesen,

welche in den Monaten November und December, sowohl bei trockenem, als bei feuchtem oder Regenwetter und bei verschiedenen Winden, Luft von Paris über der Seine auffingen und der eudiometrischen Untersuchung unterwarfen.

Aus 29 an 29 verschiedenen Tagen angestellten Versuchen ergab sich, daß die größte Menge des gefundenen Sauerstoffs 21,2 die kleinste Menge 20,9 Procente betrug, deren Differenz noch innerhalb der Beobachtungsfehler lag.

Seitdem Männer, wie von Humboldt und Gay-Lussac, die constante Zusammensetzung der Atmosphäre nachgewiesen haben, ist sie von Niemand mehr bezweifelt, und die Eudiometer dienen nicht mehr dazu, um die Tauglichkeit der Luft zu messen, sondern den unveränderlichen Sauerstoffgehalt derselben zu zeigen.

Dreißig Jahre später hat Theodore de Saussure auf eine ganz andere Weise die Luft in der Nähe von Genf und in Genf selbst untersucht. Er bediente sich dazu des fein zertheilten Bleies, welches er mit der zu untersuchenden Luft und Wasser schüttelte; eine Methode, nach welcher man vor einigen Jahren in London irriger Weise Bleiweiß fabriciren zu können geglaubt hat.

Durch Schütteln der Luft mit feuchtem Blei verband de Saussure den Sauerstoff mit dem Metall und behielt reinen Stickstoff übrig. Seine Versuche mit Luft, welche über dem Genfer See und zu Chambeisy aufgefangen war, gaben bei verschiedenen Winden und verschiedener Witterung als Minimum 20,98 Sauerstoff, als Maximum 21,15, also im Mittel 21,05.

Diese Resultate sind von Gay-Lussac bestätigt, welcher von seiner Luftreise aus einer Höhe von 21430 Fußen Luft mitgebracht hat; ferner untersuchte von Humboldt Luft vom Antisana, einem 16640 Fuß hohen Berge, Gay-Lussac und von Humboldt Luft vom 6170 Fuß hohen Cenis, Configliachi von dem Legnone aus einer Höhe

von 8130 Fuß. Endlich hat auch Dumas kürzlich durch Anwendung einer andern Methode gleiche Resultate erhalten, indem er Luft über glühendes Kupfer streichen ließ und den Stickstoff auffing.

Auch unreine Luft gab nach Abscheidung und Abzug der fremdartigen Beimengungen ein Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff, welches dem Verhältniß von 21:79 entsprach. Configliachi untersuchte z. B. eine Luft über Reisfeldern, Séguin, Gay-Lussac und von Humboldt aus einem mit Menschen angefüllten Theater zu Paris, C. Davy aus Hospitälern, Th. de Saussure aus einem Schlafzimmer des Morgens. Alle diese Luftarten zeigten keine Verschiedenheit im Stickstoff- und Sauerstoffgehalt, wenn die fremden Beimengungen zuvor abgeschieden waren.

Nach Levy soll die Zusammensetzung der Luft nicht immer constant sein. Er fand z. B. für die Luft von Guadelup, an verschiedenen Stellen von Deville gesammelt.

28.	Nov.	1842	226,8	Sauerstoff
23	»	»	228,5	»
29	»	»	230,0	»
20	»	»	230,3	»
27	»	»	230,4	»
21	»	»	230,5	»
23	»	»	231,4	»

Die Luft von Copenhagen gab vom 17. Nov. bis zum 22. Dec. 1841 dem Gewicht nach 23 % Sauerstoff. Zu Elseneur an der See fand er im Februar 1842 23,037 %. Er sammelte am 2., 3. und 4. August 1841 auf der Reise von Havre nach Copenhagen Luft, welche 22,6 % Sauerstoff enthielt.

Levy erklärt jene Differenz durch die Sauerstoffentwickelung der Infusorien, welche sich zu Zeiten in dem Seewasser finden (siehe unten). Aber es ist die Frage, ob nicht

seine Analysen selbst die Schuld tragen *). Für jetzt haben wir allen Grund, die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft in Rücksicht auf ihren Sauerstoff- und Stickstoffgehalt für constant zu halten.

Dürfen wir hieraus schließen, daß die Sauerstoff- und Stickstoffmengen der Atmosphäre nie wechseln? Keineswegs; die bestehenden Differenzen sind aber so gering, daß sie sich der Beobachtung entziehen, und die störenden Ursachen nicht so groß, als diejenigen, welche die Differenzen ausgleichen; in geschlossenen Räumen wird durch den beständigen Luftwechsel das gestörte Gleichgewicht viel zu rasch hergestellt, um wahrnehmbar zu sein; und in freier Luft wird durch die beständigen Luftströmungen stets ersetzt, was ihr durch mancherlei Umstände an Sauerstoff entzogen wird.

Die außerordentliche Menge des Sauerstoffs ergiebt sich aus folgender Rechnung. Nehmen wir an, daß die atmosphärische Luft unsern Erdball auf eine Entfernung von ohngefähr einer geographischen Meile (22843 Fuß) umgiebt, so beträgt, da der Radius der Erdkugel eine Länge von etwa 860 Meilen hat, das ganze Luftvolumen ohngefähr 9,307,500 Cubikmeilen, d. h. es würde einen Cubus erfüllen mit einer Seite von 210 Meilen Länge; und da der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre 21% beträgt, so folgt, daß jede Seite eines von diesem Gase erfüllten Cubus 125 Meilen Länge haben würde. (Poggendorf, Handwörterbuch I. pag. 562.)

Der Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft ist sehr constant. Er ist auf verschiedene Weise bestimmt. Dalton schüttelte ein Volumen Luft mit Kalkwasser und wog die Menge des kohlensauren Kalks. Thénard bediente sich zu demselben Zwecke des Barytwassers. Th. de Saussure nahm ein kleines mit Barytwasser gefülltes Gefäß und hing es in einem mit atmosphärischer Luft gefüllten Ballon auf.

---

*) Siehe Journal de Pharmacie et de Chimie, Mars 1824. p. 212.

Brunner endlich trieb vermittelst eines Aspirators Luft durch Schwefelsäure, feuchten Kalk und wieder durch Schwefelsäure und wog die mit den beiden letzten Stoffen gefüllten Apparate.

Von de Saussure wurden in den Jahren 1827 und 1829 in gleicher Absicht Versuche angestellt. Als Mittel aus 104 Bestimmungen für die Luft von Chambeisy, einem Dörfchen in der Nähe von Genf, ergab sich der Kohlensäuregehalt von 10,000 Theilen Luft zu 4,15, das Minimum war 3,15, das Maximum 5,74. Diese Differenzen sind zu groß, um bloß Beobachtungsfehlern zugeschrieben zu werden. De Saussure fand ferner, daß die Luft bei Tage weniger Kohlensäure enthalte als des Nachts; bei Tage im Mittel 3,38, des Nachts 4,32; das Maximum für den Tag war 5,4, für die Nacht 5,75. Bei schwachem Winde im Mittage war der Kohlensäuregehalt geringer, als bei starkem Winde, bei schwachem Winde 3,76, bei starkem 3,98. Heftige Platzregen verminderten die Menge der Kohlensäure nicht so sehr, als ein anhaltender gelinder Regen. Ueber bebautem Lande war der Gehalt größer als über dem Genfer-See. Zu Chambeisy fand er 4,60, während die Luft über dem Wasser 4,39 gab. Aus 30 zu Chambeisy und in einer Straße von Genf gleichzeitig angestellten Beobachtungen ergab sich der Kohlensäuregehalt der Luft außerhalb Genf zu 4,37, in der Stadt zu 4,68, also größer, als auf dem Lande. Endlich fand er auch die Luft auf Bergen etwas reicher an Kohlensäure, als in den tiefern Regionen der Atmosphäre, der Unterschied war indessen gering.

Diese Versuche sind von Verver nach der Brunner'schen Methode wiederholt und die Resultate von de Saussure bestätigt.

Es wird hier am rechten Orte sein, über den Ammoniakgehalt der Atmosphäre zu reden, welchem Liebig (Agriculturchemie, fünfte Aufl. pag. 50) für das Wachsthum der Pflanzen so große Bedeutung zuerkennt. Nicht selten findet

sich im Regenwasser Ammoniak, aber dessen Menge ist so gering, daß Liebig selbst in vielen hundert Pfunden Wasser nur Spuren hat nachweisen können. Ich habe an einem andern Orte (Scheik. onderz. D. II. p. 78) gezeigt, daß die Pflanzen daher unmöglich ihren Stickstoff nehmen können; daß der Ammoniakgehalt der Luft von äußerst geringer Bedeutung ist, und daß er in der That in Bezug auf die organische Natur keinen höhern Rang einnimmt, als die unzähligen andern kleinen Beimengungen der Luft. In wiefern er dennoch einige Bedeutung haben kann, darauf werde ich in dem Abschnitt über die Ackererde zurückkommen. Hier genügt es, zu bemerken, daß die Atmosphäre nur eine bis jetzt ganz unwägbare Menge Ammoniak enthält, und daß dieselbe für die organische Natur nur von geringer Wichtigkeit ist.

Der Wassergehalt der Atmosphäre differirt zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten sehr bedeutend, und ist außerdem abhängig von der Temperatur der Luft und des an der Erdoberfläche verdunstenden Wassers. Diese Differenz muß wohl bedeutend sein, denn die Luft kommt bald mit großen Wassermassen, welche unaufhörlich verdunsten, bald dem dürren trocknen Erdboden in Berührung, und durch stets nach aufwärts gerichtete Luftströmungen werden aus den Wasserdünsten Wolken gebildet, welche sich für verschiedene Breiten der Erde bis zu einer Höhe von 500 bis 1200 Meter erheben. Durch des Aufsteigen derselben wird den niederen Theilen der Atmosphäre der Wasserdampf entzogen; von der Quelle jener Dünste, von der Temperatur der verdampfenden Flüssigkeit und der Luft, von den Luftströmungen und vielen andern Bedingungen ist also die Menge des Wasserdampfs abhängig. Absolut trocken ist die Luft niemals, eben so wenig als vollkommen kohlensäurefrei. Manche Körper halten die Feuchtigkeit hartnäckig zurück, andere absorbiren davon mehr und mehr und zerfließen, noch

andere werden dadurch chemisch verändert. Die Erscheinung des Rostens mancher Metalle ist zum Beispiel bedingt durch das Zusammenwirken der Feuchtigkeit, der Kohlensäure und des Sauerstoffs. Kurz: der Wassergehalt der Atmosphäre ist von großer Bedeutung für die richtige Erkenntniß aller ihrer Eigenthümlichkeiten.

Die Menge des Wasserdampfes für Holland ist von Verver bestimmt. Er erhielt auf 1000 Th. Luft als Minimum 5,8, als Maximum 10,18 Th. Wassergas; das Minimum den 24. August, Morgens 10 Uhr, das Maximum den 4. Mai um 11½ Uhr; als Mittel aus 50 Beobachtungen vom Mai, August und September 8,47; von Morgens früh bis 10 Uhr 7,97, von 10 Uhr bis 2 Uhr Nachmittags 8,58 und von 2 Uhr bis Abend 8,85. (Bulletin 1840 p. 191.)

Durch Boussingault, Verver und Andere ist endlich die Gegenwart noch anderer Wasserstoff- und Kohlenstoffhaltiger Stoffe in der Luft nachgewiesen.

Boussingault und Verver haben nämlich trockne, kohlensäurefreie Luft über glühendes Kupfer getrieben und dabei eine kleine Quantität Wasser und Kohlensäure erhalten.

In welcher Form der Wasserstoff und Kohlenstoff in der Luft enthalten sind, läßt sich nicht bestimmen, möglicher Weise als freies Wasserstoffgas, Kohlenwasserstoff und Kohlenoxyd; vielleicht aber auch als flüchtige organische Verbindungen. Versuche haben darüber nichts entscheiden können. So viel ist indessen erwiesen, daß ehe, die Bestandtheile organischer Stoffe wieder assimilirt werden, sie eine Menge Zustände durchlaufen, bald feste oder flüssige Körper bilden, bald gasförmig sich in der Atmosphäre vertheilen, daß also bei jeder Art der Verwesung flüchtige Produkte von der Atmosphäre aufgenommen werden, welche die vier organischen Grundstoffe in verschiedenen Verhältnissen verbunden enthal-

ten. Ferner werden bei manchen Krankheiten, z. B. bei Hautausschlägen u. s. w. flüchtige Stoffe von dem kranken Körper ausgestoßen und in die Atmosphäre verbreitet *). Auch werden von vielen Körpern, welche bei gewöhnlicher und auch in erhöhter Temperatur fest sind und meist für nicht flüchtig gehalten werden, immer kleine Dampftheile abgestoßen und von der atmosphärischen Luft aufgenommen, z. B. von Kali, Natron und selbst Eisen, welches in den Hohöfen sublimirt; und es kommen demnach nicht bloß Kohlenstoff-, Wasserstoff-, Stickstoff- und Sauerstoffverbindungen in der Atmosphäre vor, sondern außerdem noch eine Menge andere, deren Untersuchung in der That sehr wichtig wäre, welche wir aber gegenwärtig übergehen wollen.

Als allgemeines Resultat dieser kurzen Aufzählung der Bestandtheile der Luft mag festgestellt werden, daß außer einer großen Menge zufälliger Beimengungen, welche durch den Regen wieder der Erde zugeführt werden, die Hauptbestandtheile der Atmosphäre sind: ein scheinbar constantes Gemenge von 21 Volumtheilen Sauerstoff und 79 Theilen Stickstoff, eine veränderliche Menge Wasserdampf und ein Kohlensäurequantum, welches ohngefähr ½ Tausendstel vom Ganzen beträgt.

Es giebt zwei Hauptursachen, welche unaufhörlich thätig sind, den Sauerstoffgehalt der Luft zu vermindern: der Athmungsproceß der Thiere und die Verbrennung. Dadurch werden ansehnliche Massen Sauerstoff consumirt und in Kohlensäure verwandelt. In wiefern jene Processe auf die Zusammensetzung der Luft von Einfluß sind, soll weiter unten erläutert werden; hier bemerken wir nur, daß jenen beiden störenden Ursachen eine andere gegenübersteht, wodurch das

---

*) Man sehe hierüber die Abhandlung von J. van Geuns, Natuur-en Geneesk. beschouwingen van moerassen en moerasziekten Amsterdam 1839. Man sehe ferner: Verh. over de wateren en lucht van Amsterdam bl. 163.

gestörte Gleichgewicht immer wieder hergestellt wird: nämlich die Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen, die Ausscheidung des Sauerstoffs durch ihre Blätter. Diese Funktion der Blätter ist von größter Wichtigkeit. Während die Thiere bei der Respiration den Sauerstoff fortwährend in Kohlensäure verwandeln, zerlegen die Pflanzen umgekehrt die Kohlensäure in Sauerstoffgas, indem sie die aufgenommenen Nahrungsstoffe, unter deren Zahl der Kohlensäure der erste Platz gebührt, metamorphosiren, sauerstoffarme oder sauerstofffreie Stoffe zurückhalten und freien Sauerstoff durch die Blätter und andere Organe ausgeben. In Bezug auf die Atmosphäre stehen also Pflanzen und Thiere einander geradezu gegenüber; von jenen Funktionen wird später insbesondere die Rede sein.

An jene allgemeine Thätigkeit der grünen Pflanzentheile reiht sich noch eine zweite nicht minder wichtige Thatsache, wenn auch nicht von ganz so großer Bedeutung. Vor einiger Zeit *) hat nämlich Morren die interessante Beobachtung gemacht, daß nicht nur die Pflanzen, sondern auch manche der niedern, unvollkommen organisirten Thierklassen unter dem Einfluß des Sonnenlichtes Sauerstoff entwickeln.

Eine Menge Beobachtungen und Analysen der Gase verschiedener Wasserarten, des Brunnenwassers, des stehenden und Sumpfwassers, überzeugten ihn, daß besonders das letztere, worin er eine grünliche, fein vertheilte Masse fand, viel Sauerstoff entwickele, so daß nach seiner Berechnung aus einer Wassermasse von 8000 Cubikfuß, unter günstigen Umständen, an einem Tage 128 Cubikfuß Sauerstoff an die Atmosphäre abgegeben werden. Jene Sauerstoffentwickelung ist von dem Son-

*) Annales de Chim. et de Phys. Avril 1841, und Bibl. Universelle, Novembre 1841, p. 386.

nenschein abhängig und erreicht an einem hellen Sommertage zwischen 4 und 5 Uhr Nachmittags ihr Maximum. Durch ein schwarzes Tuch wurde sie, während sie gerade am stärksten war, bedeutend vermindert.

Die größte Menge Sauerstoff, welche 100 Theile jener Wasserluft enthielten, fand er zu 61, die geringste Menge zu 16 bis 17. — Die grüne Substanz, der die Sauerstoffentwickelung zugeschrieben werden muß, bestand nach seinen mikroskopischen Beobachtungen zum größten Theile aus Enchelis monadina virescens von Bory de St. Vincent, nur hin und wieder gemengt mit Enchelis pulvisculus viridis von Müller, aus kleinen Monaden, also Thierchen, welche die Funktionen der Pflanzen erfüllen.

Die geringere Sauerstoffmenge des Nachts und die größere bei Tage, welche stets von der Menge der grünen Thierchen abhängig war, führte Morren zu dem Schluß, daß jene die Kohlensäure des Wassers zersetzen und den Kohlenstoff gleich den Pflanzen assimiliren, weshalb ihre chemische Zusammensetzung der der Pflanzen nahekommen muß.

Mit andern nicht grünen, sondern rothen mikroskopischen Thierchen bekam Morren dasselbe Resultat, obgleich der Sauerstoffgehalt dieser Luft im Maximum nur 47% betrug. Jene Thierchen waren die Trachelomonas volvocina von Ehrenberg, von schön purpurrother Farbe. Die grüne Farbe der ersteren steht also in keinem nothwendigen Zusammenhange mit der entwickelten Sauerstoffmenge. Der Unterschied muß wohl nur zufälligen Ursachen zugeschrieben werden.

Dieselbe Beobachtung hat Wöhler gemacht. In den Soolen der Kurhessischen Saline zu Rodenberg bildet sich bei Sommerwärme eine grüne schleimartige Materie, welche eine Menge großer Luftblasen umschließt. Diese Luft enthält 51 % Sauerstoff und 49 % Stickstoff. Die grüne schleimartige Materie bestand fast ganz aus Navicula- und Gallio-

nella-Arten, mit Conservenfäden durchwebt, und also größtentheils aus Infusorien *).

Damit ist also eine neue Quelle der Reinigung der Atmosphäre entdeckt. Nicht allein die Pflanzen, sondern auch die zahllosen Infusionsthierchen, welche sich in stehenden Wassern finden, haben das Vermögen, den Sauerstoff der Kohlensäure in Freiheit zu setzen.

Es ist beinahe erwiesen, daß die Atmosphäre seit der letzten Erdrevolution und seit der Ausbreitung des Menschengeschlechts auf der Erde immer dieselben Bestandtheile enthalten hat. Die Zeit, seitdem man eudiometrische Versuche, d. h. Bestimmungen des Sauerstoff- und Stickstoffgehalts der Luft anstellte, ist viel zu kurz, um mit ihnen jene Behauptung unterstützen zu können; aber es giebt andere Gründe, welche sehr dafür sprechen, daß das jetzt bestehende Verhältniß zwischen dem Sauerstoff und Stickstoff so alt ist, als die letzte Reform der Erdoberfläche, oder daß es wenigstens seitdem keine bedeutende Veränderung erlitten hat, wenn gleich es wahrscheinlich ist, daß vor jener Zeit die Atmosphäre von der jetzigen ganz verschieden war.

Es ist ausgemacht, daß die Pflanzen die durch die Thiere und den Verbrennungsproceß erzeugte Kohlensäure zersetzen; und zwar so viel, als ihnen dargeboten wird. Mehr können sie nicht zersetzen. Von dem Kohlensäuregehalt der Luft hängt also die Vegetation, die Anzahl der Pflanzen ab, und umgekehrt von der Zahl der Pflanzen die Sauerstoffmenge, welche durch die Zersetzung der Kohlensäure entbunden wird, und also das Leben der Thiere.

Es giebt Pflanzen, welche, ohne aus dem Boden andere Nahrungsstoffe aufzunehmen, als einige unorganische Salze, bloß auf Kosten der Atmosphäre leben. Dahin gehören unter andern die Flechten (Lichenes) und Moose (Musci), welche die

---

*) Annalen der Chemie und Pharmacie 1842 und 1843.

nackten Felsen bedecken, wo nie eine Menschenhand hinreichte, noch die Natur etwas niederlegte. Dahin gehören ferner viele phanerogamische Gewächse, die sogenannten Fettpflanzen (plantes grasses), sehr viele Cakteen, Euphorbia's, Sempervivum u. s. w. und manche falsche parasitische Gewächse, welche mit ihren Wurzeln an Baumstämmen und Aesten haftend, denselben keine Nahrungsstoffe entziehen *) (Miquel).

Wie die Keime der Flechten und Moose zuerst entstanden oder wie sie ursprünglich an die jetzige Stelle gekommen sind, läßt sich nicht entscheiden; genug, sie sind da und gedeihen auf Kosten der atmosphärischen Luft.

Eine Vegetation ähnlicher Art muß nothwendig der gegenwärtigen voraufgegangen sein. Denn ursprünglich war ein fruchtbarer Boden nicht vorhanden, sondern dessen Bestandtheile nebst denen der Thiere und Pflanzen Bestandtheile der Luft.

Die ersten Gewächse, welche sich auf der Erde entwickelten, und welche gegenwärtig lebend nicht mehr existiren, aber aus ihren Ueberresten von den Geologen genau bestimmt sind, konnten keinen Humus vorfinden und müssen daher ihre organischen Bestandtheile der Atmosphäre allein entzogen haben. Man findet unter ihnen riesenhafte Gebilde, welche mit der jetzigen Vegetation im Bau so sehr übereinstimmen, daß man mit Sicherheit annehmen darf, die Funktion der Ernährung sei keinen andern Gesetzen unterworfen gewesen, als denen, welche noch heutiges Tages gelten. Auf nackten Felsen müssen damals (in der Vorwelt) riesenhafte Equisetaceen, Lycopodiaceen, baumartige Farnkräuter und Tannen gewachsen sein **).

Die Pflanzen, welche auf Kosten der Luft leben, bedür-

*) Bulletin 1838 pag. 86, Pl. I. Fig. B.

**) Bronn, Lethaea geognostica. Bd. I. Brogniart, Prodrome d'une Histoire des végétaux fossiles. Paris 1828.

fen der Kohlensäure, des Wassers und Stickstoffs, welcher letztere sich unter Wasserzersetzung in Ammoniak verwandelt (siehe Ackererde). So empfangen sie Kohlensäure, Wasser und Ammoniak und finden darin alle ihre Nahrung; mehr kann die Atmosphäre nicht geben, und da sie von nichts Anderem leben, so müssen sie die Fähigkeit besitzen, alle ihre Bestandtheile von diesen Stoffen zu entlehnen.

Denken wir uns solche Pflanzen, wie jetzt auf kahlen Felsen wachsen, auf einem steinigen Boden in einem geschlossenen Raume, mit einer Atmosphäre von Kohlensäure, Wasserdampf und Stickstoff umgeben: sie werden die Kohlensäure zersetzen und Sauerstoff ausgeben und aus dem Ammoniak, dem Kohlenstoff und einem Theil zurückgehaltener Kohlensäure und Wasser verschiedene vegetabilische Stoffe bilden, welche in den steinigen Boden übergehen. Je nachdem die Zersetzung der Kohlensäure und die Condensation des Stickstoffs weiter fortschreitet, wachsen die Pflanzen mehr und mehr, führen dem Boden immer größere Quantitäten von den vier organischen Elementen zu und machen in demselben Maaße die umgebende Atmosphäre sauerstoffreicher.

Wenn die Pflanzen in dem geschlossenen Raume sterben, nachdem sie Früchte getragen haben, verwesen sie und hinterlassen organische, humusartige Substanzen. Diese fahren fort zersetzt zu werden, sie geben Kohlensäure, welche sich in dem Raume verbreitet, und Ammoniak, welches mit den humusartigen Stoffen des Bodens in inniger Verbindung bleibt. Der Saamen der abgestorbenen Pflanzen keimt in den in Zersetzung begriffenen Stoffen und wächst zu kleinen Pflanzen heran; durch diese wird abermals die umgebende Kohlensäure und das aus Stickstoff und Wasserdampf neu gebildete Ammoniak zersetzt, sie wachsen, geben Sauerstoff aus und erzeugen neue organische Produkte. Auch diese Pflanzen verwesen, und so geht dieser Wechsel unaufhörlich fort. Mehr Pflanzen, als Nahrungsstoffe für sie da sind,

können nicht bestehen; größer, üppiger können sie nicht werden, sobald es an denselben fehlt.

Der in dem abgeschlossenen Raume ursprünglich nebst Kohlensäure und Wasserdampf enthaltene Stickstoff wird also bei der ersten Kohlensäure-Zersetzung durch die Pflanzen mit Sauerstoff gemengt, und dies geht so lange fort, als überhaupt noch Kohlensäure zersetzt wird. Dann erreicht der Sauerstoffgehalt ein Maximum. Bei der Verwesung der abgestorbenen Pflanzen verbindet sich deren Kohlenstoff wieder mit Sauerstoff, und die Quantität des letzteren nimmt ab bis zu einem Minimum, welches mit der Beendigung der Verwesung und mit dem Beginn einer neuen Pflanzenentwickelung aus dem keimenden Saamen eintritt. Die größte Menge Sauerstoff und das kleinste Quantum Kohlensäure und Stickstoff muß dann in jenem Raume enthalten sein, wenn die Pflanzen auf der höchsten Stufe ihrer Entwickelung stehen, umgekehrt das Minimum des Sauerstoffs und das Maximum der Kohlensäure und des Stickstoffs, wenn die Verwesung der Pflanzen am weitesten vorgeschritten ist.

Denken wir uns in dem geschlossenen Raume den steinigen Boden bereits mit einer Schicht humusartiger ammoniakhaltiger Stoffe bedeckt, und Sauerstoffgas bereits mit Stickstoff, Wasserdampf und Kohlensäure gemengt, so werden auch andere Pflanzen darin gedeihen und zur Condensation des Kohlenstoffs, Stickstoffs und Wasserstoffs aus den umgebenden Gasen und zur Sauerstoffentwickelung mitwirken. Denken wir uns in diesem Zeitpunkte Thiere in jenen Raum versetzt, so werden diese in Folge der Respiration den Sauerstoff zu sich nehmen und dafür ohngefähr ein gleiches Quantum Kohlensäure ausgeben. Die so vermehrte Kohlensäure-Menge wird von den Pflanzen aufs Neue zersetzt, sie wachsen um so kräftiger und entwickeln dafür eine entsprechende Quantität Sauerstoff. Fressen jene Thiere von den Pflanzen, so wird zunächst ein Theil der letzteren der Fähigkeit

beraubt, Kohlensäure zu zersetzen; aber alsbald geben die Thiere Excremente von sich, welche verwesen, Kohlensäure und Ammoniak entwickeln und den übrigen Pflanzen auf's Neue zur Nahrung dienen.

Wenn wir endlich in dem geschlossenen Raume, wo bereits Sauerstoff vorhanden ist, ein Feuer anzünden, so werden die verbrennenden organischen Stoffe, insofern sie Kohlenstoff enthalten, in Kohlensäure verwandelt, und also auch dadurch den Pflanzen Nahrungsstoffe bereitet.

Was wir so eben von einem geschlossenen Raume uns vorgestellt haben, wird auch auf die ganze Atmosphäre Anwendung finden. Ob bei der ersten Ordnung der Dinge auf unserer Erde die Atmosphäre Sauerstoff enthalten habe oder nicht, läßt sich schwer entscheiden. Bestand sie aus Kohlensäure, Stickstoff und Wasserdampf, so mußte beim ersten Auftreten jener eigenthümlichen Vegetation, wovon uns so viele Ueberreste geblieben sind, Kohlensäure und aus Stickstoff und Wasserdampf erzeugtes Ammoniak von den Pflanzen absorbirt und Sauerstoff an die Atmosphäre abgegeben werden. Mit zunehmender Vegetation mußte immer mehr Kohlensäure und Stickstoff aus der Atmosphäre verschwinden, und beide sich einem Minimum, der Sauerstoff einem Maximum nähern, je mehr Bestandtheile der früheren Atmosphäre als feste Stoffe den felsigen Erdboden bedeckten.

Auch ohne die Thiere oder die Verbrennung können die Pflanzen bestehen; durch ihre Verwesung wird wieder Kohlensäure und Ammoniak für die nachfolgenden Generationen geliefert. Die Thiere, die Infusionsthierchen ausgenommen, müssen nach den Pflanzen erschaffen sein, denn ohne Pflanzen kann kein Thier der Erde existiren. Auch die schwarze Erdrinde muß nach den Pflanzen entstanden sein, denn sie wird allein durch Pflanzen und Thiere hervorgebracht. Die Thier- und Pflanzenstoffe und die Bestandtheile der schwarzen Erdschicht waren also früher sämmtlich Bestandtheile der Luft.

Die Thiere bedürfen der Pflanzen zur Nahrung. Mit dem ersten Auftreten derselben hat sich also die Menge der Kohlensäure der Luft und des Ammoniaks der schwarzen Erdschicht in Folge ihrer Respiration und Verwesung vermehrt und in gleichem Maaße der Nahrungsstoff für die Pflanzen. Demnach mußte mit der Ausbreitung des Thiergeschlechts auf der Erde die Vegetation gefördert werden, und noch heutiges Tages wird mit der immer zunehmenden Vermehrung des Menschengeschlechts die Vegetation kräftiger und üppiger gedeihen.

Eine bedeutende Veränderung muß die Atmosphäre seit der letzten geologischen Epoche durch die Bildung der schwarzen Erdschicht erlitten haben. Die ersten Pflanzen gaben bei ihrer Verwesung nicht alles an die Atmosphäre zurück, was sie von ihr empfingen, sondern hinterließen dem Boden eine schwarze feste Masse. Je nachdem diese Schicht anwuchs (wir sehen dies noch jetzt auf unsern Heiden), um so ärmer wurde natürlich die Atmosphäre an Kohlensäure und Stickstoff.

Eine neue Vegetation gedeihet deshalb auf dürren Strecken so schwierig und langsam, weil die Quantität der Kohlensäure durch die große Zahl der Pflanzen bereits zu einem Minimum reducirt ist. Jede neue Vegetation führt dem Boden Kohlenstoff zu, welcher, wenn er allein aus der Atmosphäre genommen war, nicht leicht dahin zurückkehrt, sondern hauptsächlich nur zur Ernährung derjenigen Pflanzen dient, welche wieder auf jener Humusschicht wachsen.

Mit der Entstehung und Ausbreitung des Menschengeschlechts ist noch eine andere Quelle der Kohlensäure-Bildung eröffnet, wodurch Stellen, welche bis dahin noch keine Pflanzen hervorbrachten, damit bedeckt wurden, und wodurch die Pflanzen überhaupt neue Nahrungsstoffe erhielten, nämlich das Feuer, welches zur Bereitung der Speisen, zur Erwärmung u. s. w. überall unterhalten wird. Die Steinkohlen z. B., welche bisher nutzlos unter der Erdoberfläche vergraben lagen, lie-

fern gegenwärtig bei ihrer Verbrennung den Pflanzen stets neue Quantitäten der Kohlensäure. So viel Steinkohlen verbrennen, so viel neue Pflanzenprodukte, wie Cellulose und andere indifferente, stickstofffreie Stoffe können erzeugt werden.

Aus dem Einen wie dem Andern folgt, daß, da die schwarze Erdschicht ein Verwesungsprodukt der Pflanzen und Thiere ist, sie nicht vor diesen existirt haben kann, daß die Pflanzen damals keine andere Nahrungsquelle als die Atmosphäre gehabt haben; daß die Nahrungsstoffe nothwendig Kohlensäure und Ammoniak gewesen sein müssen, daß mit der Zunahme der Pflanzen und der dunklen Erdschicht die Atmosphäre in der Art verändert werden mußte, daß der Gehalt an Kohlensäure und Stickstoff abnahm und Sauerstoff an deren Stelle eintrat; daß seit jener Zeit die Menge des Sauerstoffs wirklich zugenommen hat, und daß endlich mit der Humusbildung der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre sich stets verringerte, und die Zunahme und Ausbreitung der Vegetation über die noch nicht bebauten Theile der Erde sehr gehemmt werden mußte; daß damals die Vegetation nicht nur auf der höchsten Stufe der Vollkommenheit stand, sondern daß sie ohne gewisse andere Ursachen, welche der Atmosphäre stets wieder Kohlensäure zuführten, nicht so kräftig würde erhalten sein können; daß durch die Thiere, welche später als die Pflanzen auftraten, der Austausch der Bestandtheile der Luft bedeutend vergrößert, und ein großer Theil der Kohlensäure und des Stickstoffs der Erdrinde entzogen und in einen Zustand der Bewegung übergegangen ist; daß die Thiere, indem sie den Pflanzen in der erzeugten Kohlensäure und Ammoniak neue Nahrungsstoffe darboten, die Vegetation von Neuem hoben und endlich, daß die Vermehrung der Menschen durch den Athmungsproceß, durch die Verwesung ihrer Körper und vor Allem durch die künstlichen Verbrennungen viel dazu beigetragen haben.

Hat nun die Atmosphäre seit der Entstehung des Men-

schengeschlechts dieselbe Zusammensetzung behalten, welche sie vor jener Zeit besaß, und wird sie immer dieselben Bestandtheile behalten, wenn die Zahl der Menschen stets zu- und die Masse der Wälder abnimmt?

Es unterliegt keinem Zweifel, daß durch die große Menge Menschen, welche athmen und deren Körper verwesen, sowie durch die künstlichen Verbrennungsprocesse der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre immer größer, der des Sauerstoffs immer geringer geworden ist; anderseits sind seit der Vermehrung der Menschen sehr viele Thiere von der Erde vertilgt. Indessen haben ohne Zweifel die von den Menschen angezündeten Feuer die Menge der Kohlensäure vermehrt, die des Sauerstoffs vermindert. Aber ob diese Abnahme immer merklich gewesen ist, hätten zum Beispiel auch die ersten Menschen bereits eudiometrische Versuche angestellt, läßt sich schwerlich mit Sicherheit entscheiden; wahrscheinlich würde übrigens die Differenz dahin ausgefallen sein, daß damals in einem gegebenen Luftvolumen etwas mehr Sauerstoff und weniger Kohlensäure sich gefunden hätte als gegenwärtig, vorausgesetzt, daß die Untersuchungsmethoden die gehörige Schärfe und Genauigkeit besessen hätten.

Es ist eben so gewiß, daß die Atmosphäre endlich durch die Menschen verpestet werden muß, oder daß eine allgemeine Hungersnoth entsteht. Bei der fortwährenden Zunahme der Menschenmenge wird die Zahl der Wälder immer geringer. Die Menschen vertreiben und vernichten Thiere und Pflanzen, welche frei und unangetastet lebten. Die großen Wälder sind es hauptsächlich, welche die durch Verbrennung und Respiration erzeugten Kohlensäuremassen wieder zersetzen. Es muß zwischen der Pflanzen- und Thierwelt ein bestimmtes Verhältniß bestehen; jene müssen produciren, was diese consumiren, zersetzen, was Menschen und Thiere der Atmosphäre überliefern. Wird jenes Gleichgewicht gestört, nehmen z. B. die Menschen überhand und vermindert sich die

Vegetation, so wird endlich keine hinreichende Menge Kohlensäure mehr zersetzt, und es wird sich das jetzige constante Verhältniß zwischen dem Sauerstoff und Stickstoff ändern.

Freilich ist noch ein großer Theil der Erde unbewohnt; aber versetzen wir uns in die Zeit, wo die Wälder ausgerottet sein werden und der Erdboden nur mit Feldfrüchten und andern zur Nahrung dienenden Gewächsen, welche sich wenig über den Boden erheben, bedeckt ist, so stehen wir auf der Grenze für die unveränderliche Zusammensetzung der Luft und zugleich für das Leben des Menschengeschlechts auf unserem Planeten. Die Vernichtung des Menschengeschlechts fällt indeß in Perioden, welche noch sehr fern liegen, welche aber, wenn nicht andere Ursachen entgegenwirken, sicher einmal eintreten.

Wann wird dieser Zeitpunkt kommen? Dies ist eine Frage, welche sich annäherungsweise mit einiger Bestimmtheit beantworten läßt. Nach Versuchen von Lavoisier und Davy verbraucht ein Mensch in 24 Stunden 26,04 Par. Cubikfuß Sauerstoff, in einem Jahre also 9505 Cubikfuß. Nehmen wir die Anzahl der Menschen auf der Erde zu 1000 Millionen an, so werden diese in einem Jahre 9,505,000,000,000 Cubikfuß Sauerstoff, d. i. ohngefähr $^8/_{10}$ einer Cubikmeile consumiren. Die ganze Menge Sauerstoff, welche den Erdball umgiebt, beträgt aber 1,954,570 Cubikmeilen *). In einem Jahre wird hiervon etwa $^8/_{10}$ einer Cubikmeile durch die Menschen verbraucht, so daß, wenn stets 1000 Millionen Menschen auf der Erde bleiben, 2,451,000 Jahre erforderlich sind, um der Luft allen Sauerstoff zu entziehen. Hörten also die Pflanzen von diesem Augenblick an auf, Kohlensäure zu zersetzen, so würde nach $2^1/_2$ Millionen Jahren alles Sauerstoffgas verschwunden sein.

---

*) Bei dieser Berechnung von Poggendorf ist die Höhe der Atmosphäre zu 1 Meile (22,843 Fuß), der Erdhalbmesser zu 860 Meilen angenommen, und daraus das Luftvolumen (21 Sauerstoff und 79 Stickstoff) zu 9,307,500 Cubikmeilen berechnet.

Hierdurch wird also einmal das Menschengeschlecht sicher von der Erde vertilgt werden, wenn dies nicht schon früher durch andere Ursachen geschieht.

Woher kommt nun diese auffallende Gleichförmigkeit in der Zusammensetzung der Luft, wo und wann sie auch untersucht ist? Vorerst verdient beachtet zu werden, daß die eudiometrischen Versuche nicht zu den allerschärfsten und genauesten gehören, so daß geringe Differenzen sich der Beobachtung immer entziehen können. Sicher ist es nur die Schuld der Methode, daß man nach Abzug der Kohlensäure den Sauerstoffgehalt der Luft in einem geschlossenen Raume, worin viele Menschen athmen, z. B. in dem Parterre eines Schauspielhauses zu Paris nicht geringer gefunden hat (Gay-Lussac und von Humboldt) als in der freien Natur; denn woher anders rührt die in einem solchen Raume mehr gefundene Kohlensäure, als von dem verbrauchten Sauerstoff, welcher durch Thüren u. s. w. nicht augenblicklich erneuert werden kann? Man sollte meinen, durch dieselbe Ursache (den Zug) müßte auch die Kohlensäure größtentheils entfernt werden, wiewohl sie eine schwerere Luftart ist, und gleichwohl findet man in jener Luft viel Kohlensäure, aber keinen Unterschied im Sauerstoffgehalt.

Diese kleineren Beobachtungsfehler ausgenommen, zeigt die Atmosphäre jetzt überall eine constante Zusammensetzung.

Der Regen führt eine Menge fremdartiger Beimengungen dem Erdboden zu, in den sie eindringen, um entweder von den Pflanzen zersetzt zu werden, oder sich mit den Bestandtheilen des Bodens zu chemischen Verbindungen zu vereinigen. Dies gilt z. B. von einem der Produkte der Fäulniß, dem Schwefelwasserstoffgas, und manchen andern Stoffen, welche sich mit den Metallen der Salzbasen, die in der Erde vorkommen, verbinden und dann durch den überall thätigen Sauerstoff allmälig oxydirt werden. Eben so wird auch die Kohlensäure und die Spur des in der Luft enthal-

tenen Ammoniaks durch den Regen den Wurzeln der Pflanzen zugeführt. Gleich dem Schwefelwasserstoff oxydiren sich nach längerem Liegen in der Erde auch manche Verwesungsprodukte der Thierkörper, welche den Pflanzen schädlich sind. Ball hat z. B. einen Kopf von Delphinus phocena in einem Gewächshause verwesen lassen und fand, daß viele Farn, aber auch andere Pflanzen nach einiger Zeit kränkelten, verwelkten und sich entfärbten, wie Osmunda regalis, Adianthum Capillus Veneris, manche Arten von Aspidium, auch Rubus Corylifolius, Oxalis acetosella u. s. w.

Eine andere sehr thätige Ursache der constanten Zusammensetzung der Luft liegt in dem Luftocean selbst, nämlich in der stetigen Bewegung desselben; unter den Wendekreisen steigen die unteren heißen Luftschichten in die Höhe, werden nord- und südwärts den Polen zugetrieben und verbreiten sich von da aus wieder über die ganze Erde, um die Kohlensäure den Pflanzen zur Zersetzung, den durch dieselben hergestellten Sauerstoff den Menschen und Thieren zuzuführen. Schon durch diese eine, durch die Temperatur vermittelte, Luftströmung, wozu noch viele andere hinzukommen, wird die innige constante Mengung erhalten und wechselsweise den Pflanzen und Thieren gegeben, was sie nicht entbehren können.

Es verdient eine besondere Beachtung, daß die beiden Bestandtheile der Luft, der Sauerstoff und Stickstoff, nicht chemisch verbunden, sondern mechanisch gemengt sind. Wären sie mehr als ein bloßes Gemenge, so würde die Respiration der Thiere unmöglich sein, und durch die Abscheidung des Sauerstoffs von den Pflanzen die Atmosphäre nicht hergestellt werden können. Der Athmungsproceß besteht in der Absorption des Sauerstoffs durch das Blut, in der Oxydation der Bestandtheile desselben, und in der Ausscheidung von Kohlensäure. Diese Funktion wäre unmöglich, der thierische Organismus müßte ganz anders eingerichtet sein, wenn Sauerstoff und Stickstoff chemisch verbunden wären; es müßte auch bei

der Respiration nicht bloß der Sauerstoff, sondern auch der Stickstoff im statu nascenti Verbindungen im Thierkörper eingehen, während er doch von aller chemischen Wirksamkeit fast ganz ausgeschlossen bleibt.

Ferner könnten die Pflanzen, welche den durch die Menschen und Thiere verbrauchten Sauerstoff reproduciren, unmöglich eine chemische Verbindung des Stickstoffs und Sauerstoffs erzeugen; da wo diese Vereinigung vor sich ginge, würde die nöthige Stickstoffmenge fehlen, oder es würde eine andere Verbindung der Gase, eine höhere Oxydationsstufe zu Stande kommen; kurz, die organische Natur müßte in jenem Falle ganz anders eingerichtet sein.

Daß das Verhältniß zwischen dem Sauerstoff und Stickstoff kein anderes ist, als das jetzt bestehende, hängt einerseits davon ab, daß gegenwärtig keine Stoffe auf der Erde sind, welche mehr von denselben abgeben oder aufnehmen, anderseits von der zur Bildung der Atmosphäre einmal bestimmten Menge; es ist aber durch keine chemische Regel, noch durch ein allgemeines Naturgesetz bestimmt. Aber so wie die einmal öde und felsige, von allem Leben entblößte Erde mit einer eigenthümlichen Vegetation bedeckt gewesen ist, deren Ueberreste (die Steinkohlen z. B.) Staunen erregen, einer Vegetation, welche nur bei der damaligen Beschaffenheit der Atmosphäre bestehen konnte, — so muß auch der größte Theil der heutigen Vegetation bei verändertem Zustande der Atmosphäre untergehen; und in diesem Sinne ist alles Leben auf unserm Erdball abhängig von den 21 Volumprocenten des Sauerstoffgehalts der Atmosphäre. Aendert sich dies Verhältniß, so wird alles, was jetzt lebt, untergehen und eine neue Pflanzen- und Thierwelt und wahrscheinlich auch eine andere Art vernünftiger Wesen entstehen.

Wie viele solcher Veränderungen unter den organisirten Wesen auf unserer Erde bereits stattgefunden haben, ist unbekannt; daß aber in der That mehrere derselben nach ein-

ander erfolgt sind, ist außer Zweifel gestellt. **Ehrenberg** bereichert die Wissenschaft mit der Entdeckung kleiner Geschöpfe, welche zur Bildung der Erdoberfläche sehr viel beigetragen haben, und deren Einfluß auf die Condensation der Bestandtheile der früheren Atmosphäre von nicht geringerer Bedeutung gewesen sein muß, als die riesenhaften Farnkräuter und andere Pflanzen der Vorwelt, deren Ueberreste jetzt mit Erdschichten bedeckt sind, aber deren organische Bestandtheile früher einmal der Atmosphäre angehört haben.

IV. Das Wasser im Verhältniß zur organisirten Natur.

Während ein Gemenge zweier Gase, welche in beständigem Wechsel begriffen sind, den Hauptbestandtheil der jetzigen Atmosphäre ausmacht, kennen wir in dem Wasser eine chemische Vereinigung von 2 Vol. Wasserstoff und 1 Vol. Sauerstoff, welche in der organisirten Natur eine wichtige Rolle spielt, und deren Menge die der atmosphärischen Luft bei weitem übertrifft. Dieser Unterschied zweier Körper, welche beide für das Leben gleich unentbehrlich sind, ist von Bedeutung; der eigenthümliche Charakter der organischen Natur beruht hauptsächlich darauf, daß die Elemente des Wassers chemisch gebunden, die Bestandtheile der Atmosphäre nur innig gemengt sind.

Dieser letztere Umstand ist Ursache, daß bei der Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen keine andere Erscheinung Statt hat, als bloße Sauerstoffentwickelung. Anderseits bedingt die chemische Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser manche eigenthümlichen Verhältnisse des organischen Reichs.

Es ist bekannt, daß wenn chemisch verbundene Körper getrennt werden, dadurch auch in andern Stoffen, welche in den Wirkungskreis der Zersetzung gerathen, chemische Thätigkeit geweckt wird. Die Wasserzersetzung, eine der verbreitetsten Erscheinungen in der organischen Natur, wirkt auf die Stoffe zurück, welche jene veranlaßten, und hat chemische Umsetzung der Körper zur Folge, welche damit in Berührung kommen. Die chemische Thätigkeit geht hier von zwei Grundstoffen aus, welche beide Hauptbestandtheile der organischen Körper sind.

Sehr wichtig ist das Wasser für die organisirten Gebilde, in so fern sie dadurch befeuchtet werden. Ein jedes bedarf desselben zur Erhaltung des Lebens. Oft spielt das Wasser eine chemische Rolle und bildet Hydrate der organischen Verbindungen; noch öfter wirkt es bloß als Flüssigkeit, indem es befeuchtet, auflöst und feste Stoffe suspendirt. Leben ohne Wasser, oder eine Flüssigkeit, welche dessen Stelle einnehmen kann, ist undenkbar; und solch eine Flüssigkeit mußte die Elemente in inniger chemischer Verbindung enthalten.

Das Wasser als Befeuchtungsmittel erhält die weichen Theile, die Säfte flüssig, damit sie sich entwickeln und das Ganze gehörig ernähren können.

Die Entwickelung eines Individuums geschieht unter Zutritt einer bedeutenden Menge Wassers. Der Keim des Thiers bewegt sich frei in einer Flüssigkeit, um durch die Ciliarbewegung an seiner Oberfläche die Stoffe derselben aus dem Wasser fortwährend erneuern zu können. In jugendlichen Individuen, wo die Entwickelung und Reproduktion rasch erfolgt, ist aus demselben Grunde auch der Wassergehalt der festen Theile am größten, sowohl bei Thieren als bei den Pflanzen. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, ist der Wassergehalt der Atmosphäre eine der weisesten Einrichtungen der Natur, welche mit dem ganzen Leben in innigster Verbin-

dung steht. Eine absolut trockne Atmosphäre würde allen organischen Körpern das Wasser entziehen, alles würde vertrocknen und aus bloßem Mangel an Wasser unfehlbar untergehen.

Als auflösendes oder suspendirendes Mittel ist das Wasser für das Leben fast unentbehrlich. Auf der Circulation einer Flüssigkeit durch die verschiedenen Theile eines organisirten Körpers beruhen die Unterhaltung und Ernährung des ganzen Organismus, und eine Menge Funktionen desselben ausschließlich. Ohne Wasser könnten unmöglich die tausendfachen Verbindungen zwischen den vier organischen Elementen entstehen, welche die Natur erzeugt; denn nur mit Hülfe des Wassers werden die ungleichartigen Stoffe mit einander in Berührung gebracht und in den Stand gesetzt, ein organisches Ganzes zu bilden. Die circulirende Flüssigkeit giebt bald einige ihrer Bestandtheile ab, bald nimmt sie andere auf, um sie an einer dritten Stelle von Neuem abzusetzen; kurz ein organisches Leben ohne Wasser ist unmöglich.

In dem Pflanzen- wie dem Thierkörper hat das Wasser größtentheils gleiche Funktionen zu erfüllen. Es vermittelt in beiden die Hydratbildung mancher Verbindungen, z. B. der Proteinverbindungen, welche in verschiedenen Gestalten, aber stets als Hydrate auftreten, ferner vom Schleim, sowohl vom thierischen als vom Pflanzenschleim; das Wasser dient zweitens, um unlösliche feste Theile suspendirt zu erhalten, z. B. die Chlorophyllkörnchen bei den Pflanzen, die Blutkügelchen bei den Thieren; drittens um aufgelöste Stoffe durch alle Theile des Körpers hindurchzuführen, z. B. die Scheeleschen Seifenstoffe (zeepstoffe) bei den Pflanzen, die extraktartigen Stoffe bei den Thieren; und endlich um beiden die Nahrungsstoffe, als nothwendigstes Bedürfniß zum Leben, in aufgelöstem oder vertheiltem Zustande zuzuführen.

Aber verschieden verhält sich das Wasser in den Pflan-

zen und Thieren hauptsächlich in der Art und Weise, wie es aus dem Organismus wieder austritt, ein Umstand, wodurch sich jene beiden Körperklassen wesentlich unterscheiden. Bei den meisten Thieren nämlich circulirt eine wässerige Flüssigkeit durch den ganzen Körper und tritt unter andern in Organe, welche einen Theil der in der Flüssigkeit aufgelösten oder suspendirten Stoffe nach außen leiten und den Organismus ganz von ihnen befreien. Bei den Pflanzen fehlen solche Organe, welche dazu ausschließlich bestimmt wären; sie behalten deshalb alle nicht flüchtigen Stoffe, welche einmal in dieselben eingetreten sind. Ueber eine große Oberfläche hin verlieren sie Wassergas durch ihre Blätter, wenn es die Atmosphäre aufnehmen kann, d. h. wenn sie dazu trocken genug und das hyproskopische Vermögen der Blätter geringer ist, als das der Luft. Obschon dies keineswegs immer der Fall ist, so sind doch jene Bedingungen oft genug gegeben, so daß die Pflanzen, auch ohne besondere Organe zu besitzen, durch ihre Blätter bei den meisten Zuständen der Atmosphäre sich des überflüssigen Wassers entleeren können. Bei den Pflanzen ist also jene Funktion eine ganz andere, als bei den Thieren; denn obgleich diese auch durch ihre Haut, sowohl durch Ausdünstung aus den Schweißporen, als durch Verdunstung der Feuchtigkeit der Haut, Wasser verlieren, so tritt doch bei weitem die größte Menge desselben als eine gesättigte Auflösung sehr vieler Stoffe durch die Harnwerkzeuge aus. Die mit Spaltöffnungen versehenen und außerdem feuchten Blätter verlieren sowohl durch diese Poren wie über ihre ganze Oberfläche Wasser, welches die Atmosphäre aufnimmt. Da dies von reinem Wasser wenig verschieden sein kann, so muß an jedem Punkte, wo Wasser abdunstet, von den festen Stoffen, welche die Pflanzensäfte enthalten, ein Theil zurückbleiben; es befördert demnach die Verdunstung des Wassers den Wachsthum der jungen Blätter auf eine nicht zu verkennende Weise. Das Gedeihen der Pflanze steht

also in der innigsten Verbindung mit dem Verdunsten der Pflanzensäfte, und also auch mit dem hygroskopischen Vermögen der Atmosphäre. Daß dadurch die Erneuerung der Säfte in den austrocknenden Theilen, und damit ihre Bewegung im Allgemeinen bedeutend unterstützt wird, ist offenbar. Die verdunstete Flüssigkeit muß sich erneuern, und während sie die aufgelösten festen Stoffe zurückläßt, führen die nachdringenden Säfte eine neue Quantität derselben hinzu, welche ihrerseits an den Verdunstungsstellen zurückbleibt.

Das reine Wasser ist an der Erdoberfläche sehr sparsam verbreitet; gewöhnlich enthält es einige Salze aufgelöst. Letztere kommen in der Natur überall und in großer Menge vor, z. B. in dem Seewasser; und es sind gerade diejenigen Salze die verbreitetsten, welche die Thiere und Pflanzen nicht entbehren können, welche zum Leben eben so nothwendig sind, als die organischen vier Elemente. Hiernach nimmt die sogenannte todte Natur der lebenden gegenüber eine besondere Stellung ein, denn jener Zusammenhang ist ohne Zweifel kein zufälliger. Abstrahiren wir von den organischen Bestandtheilen des Blutwassers, so haben wir in der That eine Salzlösung, welche der Zusammensetzung nach dem gewöhnlichen Wasser in vielen Punkten gleicht. Diese Uebereinstimmung ist gewiß nicht zufällig; nicht zufällig auch die Unentbehrlichkeit des Kochsalzes für das thierische Leben und der Ueberfluß, den die Erde daran enthält. Außerdem kommen in dem Blutwasser noch folgende Salze vor: Chlorkalcium, Chlormagnesium, kohlensaures Natron, kohlensaurer Kalk, kohlensaure Magnesia, schwefelsaures Natron, einige Kalisalze und Phosphate. Die meisten dieser Salze sind für das Blut ganz unentbehrlich und finden sich sowohl im Trinkwasser, als in den Säften der Pflanzen, welche Menschen und Thieren zur Nahrung dienen, wieder; eine Thatsache, welche den innigen Zusammenhang der beiden Naturreiche andeutet, die man in der Wissenschaft zu sehr von einander zu trennen pflegt.

Jene Salze spielen ohne Zweifel in dem ganzen organischen Reiche eine bedeutende Rolle. Bekanntlich wirken die meisten derselben der chemischen Zersetzung organischer Verbindungen entgegen; Kochsalz z. B. und manche andere der aufgezählten Salze schützen das Fleisch vor Fäulniß. Ihre Gegenwart im organischen Reich hat also ohne Zweifel zunächst den Zweck, die chemische Thätigkeit mehr oder weniger zu beschränken und zu modificiren, eine Thätigkeit, welche ohne die Salze eine baldige Verwesung des Thierkörpers, welcher meist aus sehr leicht veränderlichen Stoffen zusammengesetzt ist, zur Folge haben würde. Manche andere, z. B. die alkalischen kohlensauren Salze, dienen zur Auflösung der Proteinverbindungen; noch andere, z. B. phosphorsaurer Kalk, bilden die Stütze, das Skelett der weichern organischen Theile (bei den Gräsern dient hierzu die Kieselerde) und gehen mit manchen organischen Stoffen chemische Verbindungen ein: die Phosphate und Sulphate liefern den Phosphor und Schwefel, welche neben den vier organischen Elementen in manchen Verbindungen vorkommen. Endlich wird durch das Wasser das Eisenoxyd, welches in den Pflanzenaschen vorkommt, in aufgelöstem Zustande den Pflanzen zugeführt; von diesen erhalten es die Thiere, in deren Organismus, und zwar im Farbstoffe des Blutes, es in Folge einer Deoxydation eben so als organisches Element auftritt, wie der Phosphor und Schwefel in den Proteinverbindungen.

Alle im Wasser löslichen Salze, welche im thierischen Körper nicht gebunden, oder deren Bestandtheile keine chemische Verbindung eingegangen sind, werden mit dem Harn wieder ausgeführt; es ist kein Grund vorhanden, warum sie in den Nieren sollten zurückgehalten werden, da sie im Blutwasser aufgelöst vorkommen, und im Harn, einer wässrigen Flüssigkeit, ebenfalls auflöslich sind. Das Kochsalz ausgenommen, finden sich von den übrigen Salzen in den Nahrungsstoffen und dem gewöhnlichen Trinkwasser hinlängliche

Mengen, um die ausgeschiedenen Salze zu ersetzen. Der Mensch bedarf außerdem noch des Kochsalzes und weiß sich dies selbst auf der niedrigsten Stufe der Cultur, durch einen gewissen Instinkt geleitet, immer zu verschaffen.

Als ein ganz besonderes Medium erscheint uns das Wasser, wenn wir bedenken, daß darin eine unzählige Menge Pflanzen und Thiere leben und ihre Nahrung finden, sterben und verwesen, und daß die Verwesungsprodukte eben so zur Erzeugung, Entwickelung und Erhaltung neuer organisirter Körper dienen, wie die atmosphärische Luft und die Erde zusammen diejenigen Pflanzen und Thiere ernähren, welche, wie man sagt, auf der Erde oder in der Luft leben.

Mehr als zwei Dritttheile der Oberfläche unseres Planeten sind mit Wasser bedeckt. In dieser ungeheuern Wassermasse lebt eine unzähliche Menge eigenthümlicher Wesen; die feste Erde ist außerdem in allen Richtungen von Flüssen und andern Gewässern durchschnitten, in denen ebenfalls Pflanzen und Thiere leben. Durch das Wasser dem Auge verdeckt und nicht so zugänglich als die Körper, welche auf dem Festlande leben, ziehen sie die Aufmerksamkeit des Naturforschers weniger auf sich. Aber jene Welt verdient dem ohngeachtet genau studirt zu werden. Wer dürfte bestimmen, welche Zahl organisirter Wesen die größte ist, ob die, welche im Wasser, oder welche auf dem Lande lebt?

Die leichte Beweglichkeit aufgelöster organischer Stoffe begünstigt sehr die Umsetzung ihrer Elemente zu anderen organischen Verbindungen. In einem Infusum von Pflanzenstoffen oder thierischen Substanzen bilden sich sehr leicht kleine Thierchen, die Infusionsthierchen, welche daher ihren Namen erhalten haben. Sie leben nur kurze Zeit, verschlingen einander, verschwinden und dienen zur Erzeugung neuer Individuen; es entstehen Infusorienpflänzchen (aftreksel-plantjes), welche auch wieder verschwinden und anderen Pflanzenarten Platz machen. Solche Metamorphosen orga-

nisirter Wesen gehen in allen stehenden Gewässern vor sich, in Morästen und Gräben. Ihre Entwickelung wird durch die Ruhe einer solchen Wasserfläche sehr befördert; deshalb trifft man sie weniger in Flüssen und größeren Wassermassen oder Binnenseen an. Das unzählige Heer der kleinen organisirten Gebilde im stehenden Wasser verdankt seine Entstehung und Erhaltung den darin vorkommenden organischen Stoffen. Vor dem Bestehen der jetzt lebenden Pflanzen und Thiere haben solche Infusionsthierchen in ungeheurer Anzahl existirt und vielleicht auch zur Condensirung der Bestandtheile der früheren Atmosphäre mitgewirkt.

Es besteht ein inniger Zusammenhang zwischen der Atmosphäre und einem Sumpfe. Wo auf irgend eine Weise ein Wasser verhindert wird, durch den Boden abzuziehen oder abzufließen, da häufen sich in demselben organische Stoffe an, so daß am Ende ein nicht sehr tiefer Sumpf dadurch ausgefüllt wird. Durch die Samenvertheilung entstehen Pflanzen, welche — auf Kosten der organischen Stoffe, die aus den Bestandtheilen der Atmosphäre entnommen, durch die Infusionsthiere und Pflanzen verändert, darauf verwest und in Humussäure, Quellsalzsäure u. s. w. umgewandelt sind — üppig gedeihen, mit ihren Blättern über das Wasser hinausreichen, Kohlensäure aus der Luft absorbiren, Kohlenstoff zurückhalten und den Sauerstoff der Atmosphäre wiedergeben. Auf diese Weise füllt sich jedes seichte, stehende Gewässer mit Dammerde; und es würden endlich Teiche und Gräben verschlämmt werden, wenn man sie nicht von Zeit zu Zeit reinigte und erweiterte (Wiegmann, Entstehung des Torfs).

Es besteht also ein inniger Zusammenhang zwischen der Luft und dem Wasser. Alle Bestandtheile der Atmosphäre, welche mit dem Regen herabgeführt werden, sammeln sich da an, wohin das Regenwasser abfließt. Die unzählige Menge der in der Luft vertheilten organischen Stoffe (S. 103) werden hier allmälig zersetzt und liefern ähnliche Produkte, wie

die Ackererde hervorbringt (siehe den folgenden Abschnitt). Daher kommt es, daß in allen stehenden Gewässern dieselben Stoffe vorkommen, welche ein fruchtbarer Boden enthält. Die dunkle Farbe des Sumpfwassers rührt von den quellsalzsauren Salzen her, welche, darin aufgelöst, den Wurzeln der in diesem Wasser lebenden Pflanzen eine große Menge Nahrungsstoffe zuführen.

Auch der große Ocean hat seine Vegetation. Außer den Seegräsern und anderen Wasserpflanzen, welche die Küsten bedecken, sind in dieser Beziehung die ungeheuern Massen von Sargassum Columbi bemerkenswerth, welche gleich einer Wiese große Strecken der Meeresfläche bedecken. Dieses Gewächs ernährt sich auf Kosten der im Seewasser enthaltenen organischen Stoffe, deren Quantität so bedeutend ist, daß es dadurch eine gelbliche Farbe erhält und beim Verdunsten eine gefärbte Salzmasse hinterläßt. In jenen Wassermassen, in denen die kolossalsten Thiere leben, deren Excremente und Körper darin verwesen, hat sich nach und nach eine große Menge organischer Stoffe angehäuft und zum größten Theil aufgelöst oder fein vertheilt.

Jene Seegewächse stellen eine gewisse Verbindung zwischen dem Wasser und der Atmosphäre her. Alle diejenigen, welche grün werden, entwickeln während ihres Wachsthums Sauerstoff, welcher theils vom Wasser absorbirt wird, theils sich in die Atmosphäre verbreitet.

Da fortwährend das reine Wasser des Oceans verdunstet, da ferner die im Seewasser enthaltenen Salze der Verwesung entgegenwirken, und da endlich dem Ocean unaufhörlich organische Materien durch die Flüsse zugeführt werden, so muß sich die Menge der organischen Stoffe des Festlandes vermindern, und es müssen daher die Nahrungsstoffe der in dem Ocean lebenden organisirten Wesen, und also auch die Zahl der Geschöpfe sich täglich vermehren.

Das Vermögen der Pflanzen, in stehendem Wasser

Sauerstoff zu entwickeln, und die Eigenschaft des Wassers, leichter Sauerstoff als Stickstoff zu absorbiren, erklären die Erscheinung, daß der Sauerstoffgehalt der im Wasser gelösten Luft größer ist als in der Atmosphäre (S. 112). Von Humboldt und Gay-Lussac haben diese Thatsache für das Wasser der Seine nachgewiesen, von Andern ist sie später auch für andere Gewässer bestätigt, welche weniger faulende organische Körper enthalten. Anstatt 21 % enthält nämlich die Wasserluft 28 % und mehr Sauerstoff. Hieraus nehmen die Fische ihren Sauerstoff auf, wenn das Wasser längs der Blutgefäßverzweigungen der Kiefern hinfließt, während die ausgeschiedene Kohlensäure wieder gelöst wird. Diese dient den Pflanzen zur Nahrung, und so geht im Wasser ungefähr derselbe Proceß vor sich, wie in der Luft; die Pflanzen versorgen die Thiere mit Sauerstoff, letztere die Pflanzen mit Kohlensäure.

Die Pflanzen, welche auf dem Festlande in der atmosphärischen Luft vegetiren, erzeugen bekanntlich die organischen Stoffe, woraus die Thiere bestehen; diese sind entweder Pflanzen- oder Fleischfresser; aber diejenigen, welche sich von Fleisch nähren, verzehren doch nichts Anderes als die Pflanzenstoffe, welche dem ersten Thiere zur Nahrung dienten. In dieser Beziehung zeigt sich eine Abweichung bei manchen Geschöpfen, welche im Wasser leben. Erstens giebt es eine unzählige Menge kleinerer Wesen, z. B. die Infusionsthierchen, welche aus organischen, im Wasser vertheilten oder aufgelösten Stoffen, die keinem Pflanzentheile angehören, ebenso sich entwickeln und an Masse zunehmen, wie wir dies bei den niedrigsten und unvollkommensten Pflanzen wahrnehmen. Aber auch manche größere Wasserthiere scheinen besondere Nahrungsquellen zu haben. Lange Zeit sehen wir nämlich viele derselben in einer abgeschlossenen geringen Menge Flußwasser leben, sich entwickeln und wachsen, vorausgesetzt, daß es durch frisches Wasser öfter ersetzt

wird. Es ist möglich, daß ihnen eine geringe Menge Nahrungsstoffe genügt; aber woher nehmen sie auch dieses Wenige, was sie bedürfen? Woher anders als von solchen Stoffen, von denen die Pflanzen leben? Von organischen, fein vertheilten oder gelösten Substanzen, welche das Flußwasser in geringer Menge enthält. Ein allbekanntes Beispiel dieser Art liefern die Blutegel.

In dieser Beziehung liegt also in der Haushaltung der Thiere, welche im Wasser leben, noch Manches im Dunkeln, worüber die Wissenschaft keinen Aufschluß geben kann; und obschon es Herbivoren und Carnivoren unter ihnen giebt, so ist es doch mehr als wahrscheinlich, daß manche sich, wie die Pflanzen, von organischen fein vertheilten Stoffen nähren können. Vielleicht entstehen aus diesen organischen Materien zunächst Infusionsthiere, welche wieder größeren Thieren ebenso zur Nahrung dienen, wie die Pflanzen den Landthieren.

Die Ackererde im Verhältniß zur organisirten Natur.

Daß die schwarze Erdschicht, welche die Erde an manchen Stellen bis zur Dicke von mehreren Fußen, an anderen nur wenige Zoll hoch bedeckt oder auch ganz fehlt, ein Erzeugniß der Thiere und Pflanzen ist, erleidet nach dem Obigen keinen Zweifel. Noch heutiges Tages sehen wir ähnliche Stoffe aus den Zersetzungsprodukten organisirter Körper, aber auch nur aus diesen und auf keine andere Weise, entstehen. Wir haben daher allen Grund zu der Behauptung, daß Alles, was sich von organischen Substanzen in der Erd-

rinde findet, auf keine andere Weise gebildet sei, als durch Condensation der Bestandtheile der atmosphärischen Luft vermittelst der Pflanzen und Thiere. Es wird noch durch die Erfahrung bestätigt, daß überall, wo keine Pflanzen und Thiere leben, auch jene Stoffe fehlen, daß diese aber in desto größerer Quantität sich finden, wo jene reichlich vorhanden sind. Auf dem dürrsten Boden häufen die Pflanzen mehr und mehr davon an und erhöhen denselben sogar oft um ein Bedeutendes. Die Sümpfe von Alt-Niederland, welche früher in manchen Jahreszeiten eine Tiefe von 40—60 Fuß hatten und einen großen Theil der niederen Strecken des Landes einnahmen, sind allmälig auf diese Weise durch die Pflanzen und deren Verwesungsprodukte ausgefüllt und bewohnbar geworden.

Die schwarze Erdschicht, insofern sie organische Stoffe enthält, ist überall, wo nicht etwa die Kunst ihre Hand im Spiele gehabt hat, aus Stoffen gebildet, welche, aus der Atmosphäre condensirt, sämmtlich einmal ihr angehört haben. Sie ist ein Mittelglied zwischen der Atmosphäre auf der einen und den Pflanzen und Thieren auf der andern Seite. Wenn wir, wie allgemein geschieht, das Wasser, die Kohlensäure, das Ammoniak, den Sauerstoff und Stickstoff unorganische Körper nennen — wofür man indeß meiner Meinung nach keinen hinlänglichen Grund zu haben scheint — so ist doch gewiß die schwarze Erdschicht zu nichts Anderem als zu den organischen Körpern zu zählen. Sie ist ebensowohl eine chemische Verbindung der organischen Elemente, als die Pflanzencellenstoffe, das Mehl, Gummi und Zucker und jeder andere organische Körper; von ihr geht unzweifelhaft die erste und fortdauernde Bewegung aus, welcher die Moleküle in den Pflanzen und Thieren unterworfen sind. Die beständige Umsetzung der Bestandtheile dieser schwarzen Erdschicht, die in deren Elementen Statt findet, theilt sich den Pflanzen mit, deren Wurzeln mehr oder weniger davon bedürfen,

wenn sie gedeihen sollen; während sich diese Bewegung von den Pflanzen weiter auf die Thiere überträgt. Sie erregt und unterhält also die eigenthümliche Art der chemischen Wirkung, welche wir organische Thätigkeit zu nennen pflegen. Zwar gedeihen manche Pflanzen auf nackten Felsen, aber doch der bei weitem größte Theil der heutigen Vegetation bedarf zur kräftigen und vollkommenen Entwickelung eines fruchtbaren, cultivirten Bodens (S. 115); und obgleich die Vollkommenheit und Größe der Pflanzen keineswegs im Verhältniß zur Quantität der in dem Boden enthaltenen organischen Stoffe steht, so scheint doch das Vorkommen einer gewissen Menge derselben für das Wachsthum mancher Gewächse nothwendige Bedingung zu sein; dies ist Jedermann bekannt, welcher vom Garten- oder Feldbau auch nur das Mindeste versteht. Daher rührt es ohne Zweifel, daß einfach kohlensaures Ammoniak, welches an und für sich kein Nahrungsstoff für die Pflanzen ist, doch für manche derselben dazu werden kann, wenn es ihnen unter gewissen Verhältnissen durch die Ackererde zugeführt wird. Die in ununterbrochener Zersetzung begriffenen Bestandtheile des Culturlandes sind also Hauptursache der Bewegung der Bestandtheile in den Pflanzen, die diese den Thieren mittheilen. Diese Funktion der schwarzen Erdschicht ist ganz getrennt von einer andern, welche darin besteht, den Pflanzen Nahrungsstoffe zuzuführen.

Unser Erdball, vormals eine todte, unfruchtbare, in dichte Nebel eingehüllte Masse, deren Oberfläche nichts als Gestein und Wasser — und selbst dies nicht einmal zu Anfang — darbot, und mit feuerspeienden Bergen und himmelhohen Felsen wie besäet war, hat seitdem eine Menge Veränderungen erlitten. Als späterhin nach der Condensation des Wassers die Felsmassen unter dem gemeinschaftlichen Einfluß der Luft, des Lichtes und der Feuchtigkeit verwitterten und zu Pulver zerfielen, welches vom Winde und Wasser weithin

fortgeführt wurde, fing die Erde an, sich allmälig abzurunden und mit den verschiedenartigsten pulverförmigen oder körnigen Stoffen zu bedecken. Letztere waren nothwendiger Weise ein Gemenge der Hauptbestandtheile der am meisten verbreiteten Gebirgsarten; also von Kieselerde, Kalk-, Magnesia-, Natron- und Kalisalzen, von Thonerde, Eisenoxyd und Manganoxyd in Verbindung mit Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure und Chlor.

Die verschiedene Beschaffenheit des Erdbodens an verschiedenen Punkten erklärt sich aus der Verschiedenheit der Gebirgsmassen, deren Bestandtheile nach dem Verwittern gewöhnlich nicht sehr weit von dem Muttergesteine fortgeführt werden, sondern meist nur den Fuß desselben bedecken. Noch heutiges Tages fährt die Verwitterung der Gebirgsmassen fort, und die Unebenheiten der Erdoberfläche runden sich immer mehr ab, indem die pulverförmigen Produkte der Verwitterung, durch Stürme und Ströme fortgerissen, die tiefen Stellen und Niederungen langsam ausfüllen. Die mit ewigem Schnee und Eis bedeckten Bergkuppen folgen zuletzt; erst wenn der Fuß derselben durch die herabstürzenden Gewässer ausgehöhlt und unterminirt ist und jene in die tiefern Regionen herabgestürzt sind, erfahren sie den mächtigen Einfluß der Atmosphäre, indem sie dort verwittern, sich abrunden und endlich geebnet und ganz vernichtet werden.

Von den Produkten der Verwitterung der Gebirgsarten sind manche sehr gut bekannt, z. B. die Thonerde, diese so allgemein verbreitete und für die Vegetation so wichtige Substanz. Sie entsteht bekanntlich aus Feldspath, Albit und Porcellanspath.

Feldspath . . . $KO\,Si\,O_3 + Al_2\,O_3\,3\,SiO_3$
Albit . . . . $NaO\,SiO_3 + Al_2\,O_3\,3\,SiO_3$
Porcellanspath . $NaOSiO_3 + Al_2\,O_3\,SiO_3 + 3\,CaO\,2SiO_3 + 2\,(Al_2\,O_3\,SiO_3)$

Aus jenen Silikaten von Kali, Natron, Kalk und

Thonerde wird durch Verwitterung, d. h. durch Einwirkung von Wasser und Kohlensäure, ein Theil der Kieselsäure und des Kali und Natrons ausgewaschen, während kieselsaure Thonerde, freie Kieselerde und unzersetzter Feldspath, Albit oder Porcellanspath mit einander gemengt, als Thon im fein vertheilten Zustande von dem Schnee- und Regenwasser fortgerissen und in den Niederungen abgesetzt werden. Am meisten kommt hier der Feldspath als die am allgemeinsten verbreitete Substanz in Betracht, und mag in Verbindung mit kieselsaurer Thonerde, Quarz, Glimmer, freier Kieselerde und Thonerde, ein wenig Kreide und Eisenoxyd u. s. w. als Hauptbestandtheil des gewöhnlichen Thon- oder Marschbodens angesehen werden, abgesehen von den übrigen zufälligen fremdartigen Beimengungen. — Die beim Verwittern jener Gebirgsarten löslich gewordenen Stoffe werden vom Regenwasser aufgenommen und bilden die Salze unsres gewöhnlichen Flußwassers (siehe oben S. 130).

Die sogenannten unorganischen Bestandtheile der Ackererde haben einen unbegrenzten Einfluß auf das organische Reich. Die Thiere erhalten dieselben zum Theil von den im Wasser gelösten und also aus den verwitterten Gebirgsarten ausgewaschenen Stoffen, zum Theil von den Pflanzen, und diese entziehen sie dem Erdboden. Das ganze organische Reich steht also im innigen Zusammenhange mit der Zusammensetzung der obern Erdschichten.

Es ist unmöglich, eine einigermaßen vollständige Uebersicht über die Natur und Beschaffenheit jener Stoffe zu geben; einige wenige Bemerkungen mögen genügen.

Alles, was auf der Erde dem Einfluß der Luft, des Wassers, des Lichtes und der Wärme ausgesetzt ist, verliert seinen Zusammenhang und zerfällt zu Staub und Pulver, es verwittert.

Sind die verwitternden Gebirgsmassen der Art, daß die eigentlichen Metalloxyde von Blei, Kupfer u. s. w. darin

fehlen, aber daß sie Kieselerde, Thonerde, Eisenverbindungen und Kali-, Kalk- und Magnesiasalze enthalten, so kann ein solcher Boden der Vegetation im Allgemeinen günstig sein, und besonders für gewisse Pflanzenfamilien derjenige, welcher gerade die Bestandtheile enthält, welche jene zu ihrem Fortkommen nothwendig bedürfen.

Deshalb ist eine genaue Kenntniß der verwitterten pulverförmigen Erdschichten äußerst wichtig. Selten findet man die Produkte der Verwitterung an ihrer ursprünglichen Lagerstätte. Der Regen und das von den höheren Punkten herabströmende Wasser führt sie gewöhnlich entfernteren tiefer liegenden Regionen zu. Daher ist es oft sehr schwer, ihren Ursprung genau zu ermitteln; zumal da eine solche angeschwemmte Erdschicht meistens aus einem Gemenge mehrerer verwitterter Gebirgsarten besteht.

Die Produkte der Verwitterung hängen natürlicher Weise ganz von der Natur der Mineralien ab, welche den Einflüssen der Luft, des Wassers u. s. w. ausgesetzt sind. Die Silikate z. B. zerfallen ohne Unterschied in Kieselerde und kohlensaure Salze.

Diese Zersetzung erleiden außer dem so eben angeführten Feldspath auch der Thonschiefer, Basalt, die Porphyre und viele andere allgemein verbreitete Gebirgsarten. Sie enthalten außer den beim Feldspath erwähnten Silikaten von Thonerde, Kali, Natron und Kalk auch kieselsaures Eisen- und Manganoxyd. Bei ihrer Verwitterung bilden sich kohlensaure Salze, und Kieselerde und Thonerde scheiden sich aus.

Jene Zersetzung erleiden nicht bloß die im Wasser löslichen Silikate, sondern auch die unlöslichen zerfallen allmälich durch die immerwährende Einwirkung feuchter Kohlensäure und bilden die lockere Ackerkrume, die Basis aller Vegetation, während jene vom Wasser aufgenommen in Auflösung den Pflanzen dargeboten werden.

Die abgeschiedene Kieselerde wird von manchen im Wasser löslichen Salzen aufgelöst, namentlich von den kohlensauren Alkalien. Dies erklärt ihr Vorkommen in fast jedem Wasser als sogenanntes Wasserglas und die Möglichkeit, von den Pflanzen assimilirt zu werden.

Alle Silikate von Thonerde, Kalk, Kali, Natron, Eisenoxyd bilden einen fruchtbaren Boden; denn er besitzt einerseits das Vermögen, Wasser zurückzuhalten, anderseits enthält er, besonders je unvollkommener die ursprüngliche Gebirgsart verwittert ist, noch Alkalien in hinreichender Menge, um lange Zeit die Pflanzen damit zu versehen.

Als Beispiel gebe ich die Zusammensetzung dreier Arten eines thonigen Bodens aus Holland, und zwar aus dem Zuidersee, den C. H. von Baumhauer analysirt hat:

	1.	2.	3.
Unlösliche Kieselerde-haltige Thonerde u. Quarzsand	57,646	51,706	55,372
Lösliche Kieselerde	2,340	2,496	2,286
Thonerde	1,830	2,900	2,858
Eisenoxyd	9,039	10,305	11,864
Eisenoxydul	0,350	0,563	0,200
Manganoxydul	0,288	0,354	0,284
Kalk	4,092	5,096	2,480
Magnesia	0,130	0,140	0,128
Kali	1,026	1,430	1,521
Natron	1,972	2,069	1,937
Ammoniak	0,060	0,078	0,075
Phosphorsäure	0,466	0,324	0,478
Schwefelsäure	0,896	1,104	0,576
Kohlensäure	6,085	6,940	4,775
Chlor	1,240	1,382	1,418
Humussäure	2,798	3,991	3,428
Quellsäure	0,771	0,731	0,037
Quellsatzsäure	0,107	0,160	0,152
Humin, Pflanzenüberreste und chemisch gebundenes Wasser	8,324	7,700	9,348
Wachs und Harz	Spuren	Spuren	Spuren
Verlust	0,540	0,611	0,753
	100,000	100,000	100,000

Ein Blick auf die Zusammensetzung jener Erdart überzeugt uns von ihrer Wichtigkeit für die Vegetation, indem darin dieselben Verbindungen vorkommen, welche die wesentlichen Bestandtheile der Pflanzen ausmachen. Sie stammt, wie überhaupt Hollands fruchtbarer Boden, aus den Rheingegenden und also von den verwitterten Gebirgsmassen jener Gebiete.

Die Schwefelsäure rührt von den Sulphureten und die Phosphorsäure aus dem Apatit (phosphorsaurer Kalk), einem sehr verbreiteten Mineral, her: zwei Bestandtheile, welche in einem furchtbaren Boden niemals fehlen.

Einen Gegensatz zu dem Thonboden bildet der Sandboden Hollands, dessen Hauptbestandtheil Quarzsand ist: ein Stoff, woraus durch Wasser nichts, mit Säuren kaum etwas ausgezogen werden kann, und der also, wenn nicht die den Pflanzen unentbehrlichen Stoffe damit gemengt sind, für die Vegetation durchaus nicht geeignet ist.

Unter den eingedeichten Landstrichen der Provinz Gröningen giebt es manche, welche noch nie mit alkalischen Salzen gedüngt zu werden brauchten, während der dürre Sandboden um Utrecht wiederholt mit Asche bestreut werden muß, um ihm die Stoffe wiederzugeben, woran er durch die vorhergegangene Ernte verarmt ist *).

Eine kurze Aufzählung einiger Hauptgebirgsarten, deren Verwitterung zur Entstehung der Ackererde Veranlassung gegeben hat, mag diesen Theil unserer Skizze beschließen. —

Quarz führende Gebirgsarten. Dazu gehört Bergkrystall, gemeiner Quarz, Kieselschiefer (Quarz mit

*) Siehe Sprengel, Bodenkunde.

Thonerde, Kalkerde, Eisenoxyd); Feuerstein [a]) (Quarz mit Thonerde, Kalk, Eisenoxyd); Sandstein; Sand.

Feldspath führende Gebirgsarten: Granit (Quarz, Glimmer und Feldspath) [b]); Gneus (Feldspath, Quarz und Glimmer); er ist dem Granit der Zusammensetzung nach sehr nahe verwandt; Feldstein; er bildet die Grundmasse vom Klingstein [c]) und Feldsteinporphyr (kieselsaure Thonerde mit Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisen- und Manganoxyd); eingemengt findet man Schwefelkies, Hornblende und Glimmer; Trachyt [d]) (Kieselerde, Thonerde, Kali und Eisenoxyd); Perlstein [e]) (Thonerde, Kieselerde, Eisenoxyd, Kali, Kalk); Bimstein [f]) (Kieselerde, Thonerde, Natron, Kali, Eisen- und Manganoxyd).

Glimmer führende Gebirgsarten: Glimmerschiefer [g]), besteht aus Quarz und Glimmer (der Glimmer ist Kali-, Magnesia- oder Lithion-Glimmer und enthält diese Basen verbunden mit Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd,

a) Feuerstein

	Klaproth.
Kieselsäure	98,00
Thonerde	0,25
Kalk	0,50
Eisenoxyd	0,25
Wasser u. flüchtige Theile	1,00

b) Gemeiner Feldspath

	Vauquelin	Berthier.
Kieselsäure	64	64,20
Thonerde	20	18,40
Kali	14	16,95
Kalk	2	

c) Im Klingsteine sind 8% Kali, 9% Natron und 3,5% Kalk gefunden.

d) Trachyt von Berthier

		Puy de Dome
Kieselerde	65,5	61,0
Thonerde	20,0	19,2
Kali	9,1	11,8
Kalk	2,2	
Magnesia		1,6
Eisenoxyd	3,0	4,2
Wasser		2,0

e) Perlstein; Klaproth.

Kieselerde	72,25
Thonerde	12,00
Kali, Natron	4,50
Kalk	0,50
Eisenoxyd	1,60
Wasser	4,50

f) Bimstein; Berthier.

Kieselerde	70,0
Thonerde	16,0
Eisenoxyd	0,6
Kali, Natron	6,5
Kalk	2,5
Wasser	3,0

Manganoxyd, Flußsäure und Phosphorsäure); Chloritschiefer (Thonerde, Eisenoxyd, Kieselerde, Kalk, Magnesia); Talkschiefer.

Hornblende führende Gebirgsarten: Hornblende [h]) (Magnesia, Kalk, Kieselerde, Thonerde, Eisen- und Manganoxydul); Grünstein [i]) (ein Gemenge von Hornblende und Labrador), Labrador ist nach den Analysen von Klaproth, von Berzelius berechnet: ($NaO\ SiO_3 + Al_2O_3\ SiO_3$) + $3(CaO\ SiO_3 + Al_2O_3\ SiO_3)$.

Serpentinartige Gebirgsarten: Serpentin [k]) (Magnesia, Kieselerde, Kalk, Ceriumoxyd, Eisenoxyd).

Augithaltige Gebirgsarten: Basalt (ein inniges Gemenge von Augit, Labrador oder Feldspath und Magneteisenstein). Der Basalt besteht seiner ganzen Masse nach aus: Kieselerde, Thonerde, Eisen-, Manganoxyd, Kalk,

---

g) Glimmer;

	Kaligl.; Rose	Magnesiagl.; Klaproth	Lithiongl. Gmelin.
Kieselerde	74,50	42,50	49,060
Thonerde	37,20	11,50	33,611
Eisenoxyd	3,20	22,00	
Manganoxyd	0,90	2,00	1,420
Kali	9,60	10,00	4,186
Magnesia		9,00	0,408
Lithion			3,594
Flußsäure	0,56		3,445
Wasser	2,63	1,00	4,184
Phosphorsäure			0,112

h) Thonerde- freie Hornblende besteht aus:

$CaO\ SiO_3 + 3\ MgO\ 2\ SiO_3$ (Tremolit)
oder $FeO\ SiO_3 + 3\ MgO\ 2\ SiO_3$ (Antophyllit)
oder $NaO\ SiO_3 + 3\ FeO\ 2\ SiO_3$ (Arfvedsonit)

Thonerde- Hornblende aus:

$Ca\ Fl_2 + 5\ (CaO\ SiO_3 + 3\ MgO\ 2\ SiO_3)$.

i) Grünstein nach Beudant.

Kieselerde	63,2
Thonerde	14,2
Eisenoxyd	5,8
Kalk	2,5
Magnesia	2,0
Kali	1,2
Natron	1,2
Wasser	0,3

k) Serpentin, nach Mosander und Lychnell:

$3\ MgO\ 2\ H_2O + 2\ (3\ MgO\ 2\ SiO_3)$.

Verwitterung das Culturland entstanden ist, stehen mit der Vegetation eines davon bedeckten Erdstriches in genauem Zusammenhange. — Bekanntlich *) ist die Flora der Niederlande gleich der der ganzen Rheingegenden. Man hat diese Erscheinung mit Recht der Samenvertheilung durch das Rheinwasser zugeschrieben; aber sie hat noch einen andern Grund, nämlich in der Gleichartigkeit der unorganischen Bestandtheile des durch das Rheinwasser angeschlämmten Erdbodens.

Verschiedenartige Pflanzen enthalten verschiedene Salze, Basen und Säuren; zwar lassen sich einige derselben durch analoge Stoffe ersetzen, z. B. Natron durch Kali u. s. w.; aber eine jede Pflanzengattung behält doch darin manches Eigenthümliche und verkümmert, wo die nothwendigen unorganischen Bestandtheile fehlen.

Dies erklärt die Vorliebe mancher Pflanzen für einen gewissen Boden, die Nothwendigkeit, auf ein Land, von dem man fortwährend erntet, zuweilen Asche zu streuen, und endlich die durch Ueberschwemmungen und Bewässerungen vermehrte Fruchtbarkeit der Wiesen. In dem letzten Falle führt das darüberströmende Wasser dem Wiesengrunde die Bestandtheile wieder zu, woran er durch die wiederholten Ernten arm geworden ist.

Die Ackererde ist also ein inniges Gemenge von unorganischen im Wasser unauflöslichen Stoffen, welche hauptsächlich dazu dienen, den Boden für die Wurzeln der Pflanzen durchdringbar zu machen, und das Wasser sowohl hindurchzulassen, als auch hygroskopisch zu binden, eine Eigenschaft, welche die Thonerde in einem ausgezeichnet hohen Grade besitzt; ferner von unorganischen im Wasser löslichen Stoffen, welche von den Pflanzen aufgenommen werden, wozu die bereits genannten Salze gehören; und endlich von

*) Miquel, Distributio geographica plantarum.

organischen Substanzen, welche mit den unorganischen zum Theil in chemische Verbindung treten.

Jene organischen Bestandtheile des Erdbodens würden eine unendliche Verschiedenheit zeigen, wenn nicht eine allgemeine Ursache ihre Zahl auf wenige beschränkte. Die ersten Pflanzen würden nach ihrem Tode alle ihre Bestandtheile dem Boden übergeben, eben so die nachfolgende Vegetation die ihrigen hinzugefügt haben, und so würde die feste Erdrinde ein Sammelplatz eben so vieler Pflanzenstoffe geworden sein, als sich in den lebenden, verschiedenen Familien angehörenden Pflanzen finden. In der Natur verhält es sich indeß anders. Nicht nur wird das Individuum nach dem Tode vernichtet, sondern es werden auch alle organischen Substanzen zersetzt, verändert und am Ende in bestimmte Stoffe verwandelt, ganz unabhängig von der Individualität der todten Pflanze oder des Thiers. Unter den Pflanzenstoffen giebt es indessen, so wie auch unter den thierischen Produkten, manche, deren allgemeine Veränderungen man noch nicht kennt, und deren Verwesung nicht einmal wahrscheinlich ist. Was daraus in dem Erdboden entsteht, verdient eine besondere Untersuchung. Dahin gehören die Harze, Fette, Pflanzenbasen und Pflanzensäuren. Von den Hauptbestandtheilen des organischen Reichs ist es indessen bekannt, was bei ihrer Umwandlung in Dammerde, bei der Humusbildung aus ihnen wird. Unter Humification versteht man nämlich eine eigenthümliche Zersetzung organischer Körper, welche man mit dem Fäulniß- und Verwesungsproceß nicht verwechseln darf, sondern welche durch den Einfluß der verwitterten Erdmasse und die daraus entstandene Vertheilung der organischen Stoffe in vieler Hinsicht verschieden ist. Jene Veränderungen, wodurch Tausende von organischen Verbindungen der Thier- und Pflanzenwelt in Humus verwandelt werden, zeichnen sich durch eine merkwürdige Gleichförmigkeit und Uebereinstimmung aus.

Wenn wir die zufälligen Beimengungen der schwarzen Erdschicht und diejenigen Substanzen ausschließen, deren Zersetzung noch nicht bis zum Ende fortgeschritten ist, so reduciren sich die Bestandtheile derselben auf eine geringe Anzahl organischer Stoffe, die man überall auf der Erde wiederfindet und von deren Umsetzung das Wachsthum der Pflanzen abhängig ist.

Jene Stoffe sind folgender Art: einige sind im Wasser, andere in Alkalien löslich, andere in beiden unlöslich; manche endlich lösen sich in Alkohol und Aether. Zu den letzteren gehören vorzugsweise die harzartigen Stoffe, welche an der Vegetation keinen Theil zu nehmen scheinen. Die Harze des Torfs haben eine sehr sonderbare Zusammensetzung, insofern Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff in verschiedenen Verhältnissen darin vorkommen, und zwar CH_2, $C_5 H_8$, entweder als solche, oder noch mit Sauerstoff verbunden.

Der harte Friesische Torf enthält 4 Harze *).

*) Bleioxydresinat des α Harzes, harter Friesischer Torf.

		gef.	At.	ber.
	C	57,33	50	57,77
	H	7,81	80	7,55
	O	13,44	9	13,61
	PbO	21,42	1	21,07
β Harz		gef.	At.	ber.
	C	77,37	77	77,21
	H	10,98	134	10,97
	O	11,65	5	11,82
γ Harz		gef.	At.	ber.
	C	79,12	104	79,32
	H	11,94	188	11,79
	O	8,94	9	8,98
δ Harz		gef.	At.	ber.
	C	80,77	131	80,60
	H	12,15	242	12,15
	O	7,08	9	7,25
α Harz, langer Friesischer Torf.				
		gef.	At.	ber.
	C	76,20	35	75,89
	H	10,21	56	9,92
	O	13,59	5	14,19

$\alpha.\ C_{50}\ H_{80}\ O_9 = 10\ (C_5\ H_8) + O_9$
$\beta.\ C_{77}\ H_{134}\ O_9$
$\gamma.\ C_{104}\ H_{188}\ O_9$
$\delta.\ C_{131}\ H_{242}\ O_9$

In den drei letzten ist ohne Zweifel das α Harz mit CH_2 chemisch gebunden; denn ziehen wir vor allen das α Harz ab, so haben wir:

$$\begin{array}{llll} \beta. & C_{77} & H_{134} & O_9 \\ \alpha. & 50 & 80 & 9 \\ \hline & 27 & 54 & = 9 \times C_3\ H_6 \end{array}$$

$$\begin{array}{llll} \gamma. & C_{104} & H_{188} & O_9 \\ \alpha. & 50 & 80 & 9 \\ \hline & 54 & 108 & = 18 \times C_3\ H_6 \end{array}$$

$$\begin{array}{llll} \delta. & C_{131} & H_{242} & O_9 \\ \alpha. & 50 & 80 & 9 \\ \hline & 81 & 162 & = 27 \times C_3\ H_6 \end{array}$$

In langem Friesischen Torf ist die Zusammensetzung jener Harze eine etwas andere:

$\alpha\ C_{35}\ H_{56}\ O_5 = 7\ (C_5\ H_8) + O_5$
$\gamma\ C_{90}\ H_{168}\ O_6 = 6\ (C_5\ H_8 + O) + 60\ (C\,H_2)$ *).

Auf das Vorkommen mehrerer solcher Verbindungen ist die Ackererde noch nicht untersucht, aber ähnliche wie die angeführten finden sich ohne Zweifel in allen Arten solcher Erdschichten, welche aus der Zersetzung organischer Körper hervorgegangen sind. Der Kohlenwasserstoff: CH_4 ist ein Produkt der Zersetzung derjenigen Pflanzen, woraus die

γ Harz	gef.	At.	ber.
C	80,38	90	80,68
H	12,52	168	12,29
O	7,10	6	7,03.

*) Bulletin, 1839, S. 147.

Steinkohlen entstanden sind, Pflanzen, welche tief unter der Erdoberfläche verschüttet liegen; zwei andere feste Kohlenwasserstoffverbindungen: CH_2 und C_5H_8 erzeugen sich bei einem ähnlichen Proceß an manchen Stellen der Erdoberfläche; wahrscheinlich werden spätere Untersuchungen noch mehrere der Art kennen lehren (Johnston).

Die organischen in Wasser und Alkalien löslichen Stoffe sind in manchen Erdarten oft in großer Menge enthalten, andere sind sehr arm daran; sie sind analoger Art, wie diejenigen, welche nach der Behandlung mit Wasser und Alkalien ungelöst zurückbleiben, die angeführten harzartigen Körper abgerechnet. Die auflöslichen Körper unterscheiden sich bei ihrem Vorkommen in der Ackererde scheinbar dadurch, daß sie mit den verschiedenen unorganischen Körpern Verbindungen eingehen, welche je nach der Natur der Basen bald lösliche, bald unlösliche Salze darstellen. Zwei der organischen Bestandtheile verbinden sich übrigens nicht mit Basen und sind sowohl im Wasser wie in Alkalien unlöslich.

Bis jetzt kennt man sieben verschiedene organische Verbindungen in der Ackererde: Quellsäure, Quellsalzsäure, Geïnsäure, Humussäure und Humin, Ulminsäure und Ulmin.

Das Humin und Ulmin sind die beiden in Wasser und Alkalien unlöslichen Körper, während die übrigen sehr leicht von Alkalien und mehr oder weniger von Wasser gelöst werden. Sie unterscheiden sich zwar der Quantität nach, in der sie in verschiedenen Erdarten vorkommen, und ebenfalls in manchen ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften, aber mehrere Stoffe der Art anzunehmen, scheint mir nach genauen zu diesem Zwecke angestellten Versuchen nicht zulässig.

Die Kenntniß jener Körper ist von großer Wichtigkeit. Ich unterscheide quellartige (kwelacktige) und humusartige Stoffe und zähle zu den letzten: die Geïnsäure, Humussäure

und Humin, Ulminsäure und Ulmin; zu den erstern: die Quellsäure und Quellsalzsäure.

Keiner dieser Stoffe ist in einer guten Ackererde, d. h. in einer solchen, wo die Zersetzung der organischen Bestandtheile möglichst beendet ist, stickstoffhaltig: aller Stickstoff kommt darin als Ammoniak vor, und da fünf der aufgezählten Bestandtheile der Ackererde Säuren sind, so können fünf verschiedene Ammoniaksalze, aber auch Doppelsalze von Kali, Natron, Kalk, Magnesia und Eisenoxyd entstehen; Salze, welche vermöge ihrer Löslichkeit sehr geeignet sind, die Pflanzen zu ernähren.

Wenn man Ackererde mit Wasser auslaugt, so erhält man eine Menge Salze aufgelöst. Drei verschiedene Arten dieser Erde gaben davon in 100 Theilen *):

0,424
2,771
1,540.

Jene Salze sind: Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorkalcium, Chlormagnesium, Chlorammonium und Verbindungen der Ameisensäure, Essigsäure, Schwefelsäure, Kohlensäure, Quellsäure, Quellsalzsäure, Humussäure mit den genannten Basen. Man nennt sie insgesammt Humusextrakt.

Alkalien ziehen aus der bereits mit Wasser behandelten Erde Stoffe aus, welche durch Säuren wieder gefällt werden. Sie sind meist dreierlei Art und in verschiedenen Erdarten in variirenden Quantitäten enthalten. Entweder findet man

Geïnsäure . . $C_{40}\ H_{24}\ O_{14}$
oder Humussäure . $C_{40}\ H_{24}\ O_{12}$
oder Ulminsäure . . $C_{40}\ H_{28}\ O_{12}$.

Die letztgenannte Substanz entsteht zuerst bei der Fäulniß indifferenter Pflanzentheile; daraus bildet sich unter Ab-

*) Scheik. Onderz., Deel. II. pag. 92.

sorption des Sauerstoffs und der Luft Humussäure und endlich durch Aufnahme von noch mehr Sauerstoff Geïnsäure.

Von den in Alkalien löslichen und durch Säuren wieder fällbaren Stoffen gaben jene drei Erdarten in 100 Theilen:

4,249
5,289
8,667.

Die in Alkalien unlöslichen Substanzen (Ulmin und Humin) werden durch die Zersetzung, worin die Bestandtheile der Ackererde beständig begriffen sind, allmälig in Ulminsäure und Humussäure verwandelt und in einen löslichen Zustand übergeführt.

Die so eben erwähnten organischen Verbindungen, welche wir zusammen humusartige Stoffe nennen, können also zum Theil von den Pflanzen assimilirt werden, sobald nur ein Alkali vorhanden ist, welches sie auflöst. Das Alkali kann entweder eins der festen Alkalien sein oder auch Ammoniak, dessen Bildung aus der in der Erde enthaltenen atmosphärischen Luft, wie wir alsbald sehen werden, leicht von Statten geht. Die humusartigen Körper reihen sich also als Nahrungsstoffe der Pflanzen den im bloßen Wasser löslichen Salzen an, sobald nur Ammoniak hinzutritt, wodurch sie aufgelöst werden.

In der Flüssigkeit, woraus Säuren die humusartigen Stoffe niedergeschlagen haben, sind noch Quellsäure und Quellsatzsäure enthalten, welche durch essigsaures Kupfer gefällt und quantitativ bestimmt werden können. Eine Auflösung jener Säuren giebt nämlich mit essigsaurem Kupferoxyd einen braunen Niederschlag von quellsatzsaurem Kupferoxyd, welcher ungefähr 50 pCt. Quellsatzsäure enthält. Aus der abfiltrirten Lösung wird bei einem Ueberschuß von essigsaurem Kupfer durch kohlensaures Ammoniak quellsaures Kupferoxyd niedergeschlagen, dessen Gehalt an Quellsäure zwischen

40 bis 70 pCt. beträgt. Die drei genannten Erdarten gaben auf diese Weise:

quellsatzsaures Kupferoxyd
1,865
1,228
0,701

quellsaures Kupferoxyd
0,774
1,901
1,260.

Auch diese beiden Säuren können, so wie sie in der Ackererde vorkommen, aus ihren unlöslichen Verbindungen mit Kalk und Eisenoxyd bei Zutritt von Ammoniak, Kali und Natron in unlösliche Salze übergehen.

Um über die Entstehung jener organischen fünf Hauptbestandtheile der Ackererde und ihren Einfluß auf das Pflanzenleben eine kurze Uebersicht zu geben, werden wir am besten mit den humusartigen Stoffen anfangen und darauf die quellartigen folgen lassen.

Vorerst muß ich indeß einige Worte über das Ammoniak voraufschicken, welches sowohl als Basis für die Vegetation von Bedeutung ist, indem es die fünf genannten Säuren auflöst und gleich den Pflanzenaschen als Dünger wirkt, wie auch als stickstoffhaltiger Körper, und zwar als der einzige, welcher in einer guten Ackererde vorkommt, besondere Beachtung verdient.

Daß dieses Ammoniak nicht aus der Atmosphäre durch das Regenwasser dem Boden zugeführt wird, folgt, wie mir scheint, aus den Versuchen von Liebig selbst (siehe S. 108). Die Quantität, welche die Atmosphäre davon enthält, ist noch nicht bestimmt und scheint auch so gering zu sein, daß sie keine genaue Bestimmung zuläßt; man hat Mühe, das Ammoniak überhaupt darin zu entdecken.

Es ist indessen eine allgemeine Eigenschaft des Stickstoffgases und also der atmosphärischen Luft, wo es in einem geschlossenen Raume mit faulenden und also Wasserstoff entbindenden Materien in Berührung kommt, mit dem Wasserstoff Ammoniak zu erzeugen. Darauf beruht die Salpeterbildung, welcher, wie Liebig richtig bemerkt, Ammoniakbildung voraufgeht.

Jene Bedingungen sind in der Ackererde gegeben, wo die eingeschlossene Luft mit feuchten faulenden organischen Stoffen in beständiger Berührung ist. Die atmosphärische Luft würde Salpeter erzeugen, wenn eine hinreichende Quantität Basen vorhanden wäre; dies würde sogar ohne faulende organische Körper geschehen. Auf Ceilon finden sich 22 natürliche Salpetergrotten, ohne daß organische Stoffe vorhanden sind, welche den Stickstoff liefern könnten. Der Stickstoff rührt von der in den Höhlen eingeschlossenen Luft her, und es wird dabei unter günstigen Verhältnissen selbst Wasser zersetzt, Ammoniak gebildet und letzteres an den Stellen, wo der Sauerstoff der Luft freier zutreten kann, zu Salpetersäure oxydirt, welche sich mit den Basen aus den Wänden der Grotten zu salpetersauren Salzen vereinigt.

Derselbe Proceß würde auch in der Ackererde vor sich gehen, wenn nicht organische Stoffe vorhanden wären, welche den Sauerstoff aufnehmen und die Oxydation des Ammoniaks zu Salpetersäure verhindern. In der porösen Erde, worin feuchte Luft eingeschlossen ist, vereinigt sich der Stickstoff nur mit dem Wasserstoff der organischen Körper, weil der Sauerstoff des Wassers und der Luft verbraucht wird, um jene höher zu oxydiren. Auf diese Weise entsteht aus dem ersten Zersetzungsprodukt organischer Stoffe, der Ulminsäure $C_{40}H_{28}O_{12}$, die Humussäure $C_{40}H_{24}O_{12} + 2H_2O$, und daraus Geïnsäure $C_{40}H_{24}O_{14}$; auf dieselbe Weise wird auch letztere höher oxydirt zu Quellsalzsäure und Quellsäure, was weiter unten entwickelt werden soll.

Ich wiederhole, daß das Ammoniak in der Ackererde wie in den natürlichen Salpetergrotten auf Ceilon aus dem Stickstoff der atmosphärischen Luft gebildet wird und daß der Sauerstoff derselben, anstatt Salpetersäure zu erzeugen, die organischen Stoffe nach einander in Ulminsäure, Huminsäure, Geïnsäure, Quellsalzsäure und Quellsäure verändert.

Ueber die Ammoniakbildung aus dem Stickstoff der Luft in der feuchten Ackererde habe ich an einem andern Orte (Scheik. Onderz., Deel. II.) ausführlicher gesprochen. Alle porösen Körper bilden Ammoniak, sobald Feuchtigkeit und Luft Zutritt haben und sie einer gewissen Temperatur ausgesetzt sind (S. 61 *). Daher das Ammoniak und der salpetersaure Kalk der Mauren feuchter Locale; auch die poröse Holzkohle enthält dadurch Ammoniak, woraus späterhin durch Oxydation der humusextraktartigen Stoffe, wovon Büchner gegen 2% in einer Holzkohle fand, in der Lukas Pflanzen gebaut hatte, quellsalzsaures Ammoniak entsteht.

Jene Ammoniakbildung von dem Stickstoff der Luft ist von Vielen geleugnet, hauptsächlich darum, weil der Stickstoff in höheren Temperaturen keine Verbindungen mit dem Wasserstoff eingeht. So richtig auch das Resultat jener Versuche ist, eben so unzweifelhaft bleibt es, daß sich der Stickstoff bei gewöhnlicher Temperatur unter mancherlei Umständen mit dem Wasserstoff vereinigt. Sein Indifferentismus in höherer Temperatur, seine Unfähigkeit, in der Glühhitze unmittelbar Verbindungen einzugehen, sei es mit Wasserstoff, oder Sauerstoff, ist durch viele Versuche bewiesen. Sein Verhalten gegen Kohle macht indessen eine Ausnahme. Wenn man Coaks in der atmosphärischen Luft mit Kali glüht, so erhält man Cyankalium.

Unter gewissen Umständen verbindet sich der Stickstoff

*) Siehe Kuhlmann über die Salpeterbildung, Annalen der Pharmacie, Bd. 29. S. 272, welcher die Ammoniakerzeugung vor der Salpeterbildung bereits im Jahre 1839 außer Zweifel gestellt hat.

auch mit Sauerstoff. B. v. Cavendish ließ elektrische Funken durch feuchte Luft hindurchschlagen und erhielt Salpetersäure; sie entsteht auch bei der Verbrennung von Wasserstoff, mit Stickstoff gemengt, in der Atmosphäre.

Für unsern gegenwärtigen Zweck genügt es zu wissen, daß sich der Wasserstoff im statu nascenti direkt mit dem Stickstoff zu Ammoniak vereinigt. Bringt man in eine mit atmosphärischer Luft gefüllte Flasche rothes Lackmuspapier und auf den Boden reine Eisenfeile, mit ein wenig Wasser befeuchtet, so färbt es sich alsbald blau. Während sich das Eisen mit dem Sauerstoff des Wassers vereinigt, verbindet sich der Wasserstoff mit dem Stickstoff oder Luft zu Ammoniak.

Eine ähnliche Ammoniakbildung geht auch in der Ackererde vor sich. Sie enthält atmosphärische Luft, also Stickstoff; und fortwährend wird Wasserstoff entwickelt (siehe weiter unten); es sind also alle Bedingungen zur Ammoniakbildung gegeben, wenn Cellulose, Holzsubstanz, Amylon u. s. w. sich in Huminsäure oder andere Bestandtheile des Bodens verwandeln.

Diese Ammoniakbildung aus den Bestandtheilen der Luft und des Wassers ist eins der wichtigsten Momente für das Wachsthum und das Gedeihen der Pflanzen; sie ist Ursache, daß die im Wasser unlöslichen organischen Bestandtheile des Bodens in einen löslichen Zustand übergehen und so den Pflanzen als organische Nahrungsstoffe dargeboten werden können, auch dann noch, wenn kein ammoniakhaltiger Dünger dem Boden mehr zugeführt wird, welcher die fünf genannten Säuren in leicht lösliche Ammoniaksalze verwandelt.

Die humusartigen Stoffe oder diejenigen, welche durch Alkalien aus der Ackererde ausgezogen und durch Säuren wieder gefällt werden, haben, welcher Erdart sie auch entnommen sein mögen, große Aehnlichkeit sowohl unter einander, als auch mit denjenigen Stoffen, welche durch manche

chemische Agentien aus den allgemein in dem Pflanzen- und Thierreiche verbreiteten Stoffen erzeugt werden. Wenn wir aus der Holzsubstanz, aus dem Amylon, Gummi und Zucker und aus dem Protein durch Fäulniß und eine Säure, und aus der Holzsubstanz auch durch Hitze (in dem Ruß der Schornsteine) immer dieselben chemischen Stoffe entstehen sehen, so ist dies ein unwiderlegbarer Beweis, daß Fäulniß, Säuren und Hitze gleiche Wirkung auf jene Körper äußern und also in ihrer chemischen Thätigkeit übereinkommen. Ist nun die Fäulniß ein chemischer Proceß und eine Erscheinung, welche unmittelbar nach dem Aufhören der individuellen Lebensthätigkeit erfolgt, so wird man von selbst zu dem Schluß geführt, daß auch die eigentliche Lebensthätigkeit durch chemische Actionen bedingt wird, die aber verschieden sind von denjenigen, welche wir mit dem Namen Fäulniß bezeichnen.

Ferner ist man zu dem Schluß berechtigt, daß, da unter so verschiedenen Bedingungen (Fäulniß und Einwirkung einer Säure) und aus so sehr verschiedenen Materien (Holzsubstanz und Protein, Amylon und Phloridzin *) dieselben Stoffe entstehen, alle jene ungleichartigen compleren Stoffe, Protein, Holzsubstanz, Amylon, Gummi, Zucker, Phloridzin und noch eine Menge anderer eine gleichartige Gruppirung der Moleküle besitzen oder daß darin eine Verbindung verborgen liegt, welche in der Humussäure und dem Humin als Prototyp angetroffen wird. Diese Betrachtungen zeugen wieder von der Einfachheit der Mittel, deren sich die Natur zur Erreichung allgemeiner Zwecke bedient.

In der Ackererde kommt ein humusartiger Stoff vor, welcher in Alkalien unauflöslich ist. Ein ähnlicher findet sich unter den Produkten der Einwirkung von Säuren auf Zucker u. s. w. Die Zusammensetzung des letzten Körpers ist

---

*) Huminsalpetersäure und Phloretinsalpetersäure sind identisch, beide sind quellsatzsaures Ammoniak (Scheik. Onderz., Deel. II. p. 105).

bekannt; die des ersten ist aber schwer zu ermitteln, weil mit den unlöslichen Produkten der Fäulniß sehr leicht solche vermischt bleiben, welche anderer Art und schwer davon zu trennen sind; z. B. bei faulendem Holze noch unverweste Theile. Man hat übrigens Grund zu vermuthen, daß auch die in Alkalien unlöslichen Stoffe der Ackererde mit denen identisch sind, welche durch Säuren aus Zucker u. s. w. dargestellt werden.

Die in Alkalien löslichen humusartigen Verbindungen lassen sich ihrer Zusammensetzung nach in drei Gruppen vertheilen: die eine Gruppe enthält Kohlenstoff und die Elemente des Wassers (Huminsäure und deren Verbindungen), die andere mehr Wasserstoff als zur Wasserbildung erforderlich ist (Ulminsäure), und die dritte eine größere Menge Sauerstoff (Geïnsäure).

	C	H	O	H_2O	O
Ulminsäure aus Zucker durch Säuren dargestellt	40	28	12		
Ulmin aus Zucker	40	28	12	+ 2	
Ulminsäure aus langem Friesischen Torf	40	28	12	+ 4	
Huminsäure aus Zucker	40	24	12		
Humin aus Zucker	40	24	12	+ 3	
Huminsäure aus hartem Torf	40	24	12	+ 3	
Huminsäure aus einem gefaulten Baum	40	24	12	+ 4	
Huminsäure aus einer Art Ackererde	40	24	12	+ 4	
Huminsäure aus Ruß	40	24	12	+ 4	
Geïnsäure aus zwei Arten Ackererde	40	24	12	+ 3	+ 2
Huminsäure von einer Wiese	40	24	12	+ 2	
Huminsäure aus einer Art Ackererde	40	24	12	+ 5	

	C	H	O
Huminsäure aus Protein durch Salzsäure	40	24	12 *).

Fast alle jene Stoffe sind in der Ackererde mit Ammoniak verbunden und enthalten verschiedene Quantitäten Wasser, welches damit vereinigt bleibt, selbst wenn man jene bei 140° trocknet. Sie sind deshalb nicht für identisch, aber doch für analoge Körper zu halten. Sie unterscheiden sich durch zufällige, nicht durch wesentliche Eigenschaften. Man betrachte

*) Bulletin, 1840, p. 1.

Ulminsäure aus Zucker bei 195°.

	gef.	At.	ber.
C	68,95	40	68,98
H	4,23	28	3,94
O	26,82	12	27,08.

Ulmin bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	65,27	40	65,65
H	4,52	32	4,28
O	30,21	14	30,07

Ulminsäure aus langem Friesischen Torf bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	61,85	40	62,62
H	4,79	36	4,62
O	33,36	16	32,76.

Humin aus Zucker bei 140°

	gef.	At.	ber.
C	64,67	40	64,44
H	4,32	40	3,94
O	31,01	15	31,62.

Huminsäure aus Zucker mit Silberoxyd verbunden bei 100°.

	gef.	At.	ber.
C	49,04	40	49,36
H	3,23	30	3,02
O	24,58	15	24,21
AgO	23,14	1	23,41.

Humussaures Ammoniak aus hartem Friesischen Torf bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	60,13	40	60,28
H	4,74	38	4,68
N	3,61	2	3,49
O	31,55	16	31,55

$= C_{40}H_{24}O_{12} + N_2H_6 + 4\,H_2O.$

sie, insofern sie nämlich zu einer der drei genannten Gruppen: Ulminsäure, Huminsäure und Geïnsäure gehören, gleich den verschiedenen Zuckerarten, in denen unverkennbar die Verbindung: $C_{12}H_{18}O_9$ verborgen liegt, in denen aber nicht der ganze Wassergehalt durch stärkere Basen ersetzt werden kann (siehe Scheik. Onderz., Deel II. p. 88).

Prüfen wir nun die Art und Weise, wie die drei genannten Gruppen gebildet werden.

Humussaures Ammoniak aus einem alten Weidenbaum bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	59,06	40	58,98
H	4,96	40	4,82
N	2,80	2	3,41
O	33,18	17	32,79

$= C_{40}H_{24}O_{12} + N_2H_6 + 5\,H_2O.$

Geïnsaures Ammoniak aus Ackererde bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	57,37	40	58,00
H	4,43	38	4,48
N	3,25	2	3,37
O	34,95	18	34,15

$= C_{40}H_{24}O_{12} + 2\,N_2H_6 + 5\,H_2O.$

Humussaures Ammoniak aus dem Boden einer Wiese bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	57,16	40	56,63
H	5,38	46	5,32
N	6,11	4	6,56
O	31,35	17	31,49

$= C_{40}H_{24}O_{12} + 2\,N_2H_6 + 5\,H_2O.$

Humussaures Ammoniak aus Gartenerde bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	57,87	40	57,72
H	4,98	42	4,97
N	3,52	2	3,34
O	33,53	18	33,97

$= C_{40}H_{24}O_{12} + N_2H_6 + 6\,H_2O.$

Humussaures Ammoniak aus Protein durch Salzsäure bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	64,86	40	64,58
H	4,61	32	4,22
N	3,70	2	3,74
O	26,83	13	27,46

$= C_{40}H_{24}O_{12} + N_2H_6 + H_2O.$

Ulmin und Ulminsäure entstehen aus Cellulose, Amylon, Gummi und Zucker unter dem Einfluß von Säuren; gleichzeitig wird Ameisensäure erzeugt nach folgendem Schema:

	C	H	O
½ von 7 Aeq. Zucker	42	70	35
1 Aeq. Ulmin	40	32	14
1 Aeq. Ameisensäure	2	2	3
18 Aeq. Wasser		36	18
	42	70	35.

Daß eine ähnliche Veränderung stattfindet, wenn durch Fäulniß von Cellulose oder anderer indifferenter Stoffe Ulmin oder Ulminsäure gebildet wird, erleidet keinen Zweifel; dann kann übrigens keine Ameisensäure oder diese nicht allein entstehen, sondern es muß sich unter Aufnahme von zwei At. Sauerstoff Kohlensäure und Wasser ($2 CO_2 + H_2O$) erzeugen. Eine ähnliche Veränderung erleiden jene Stoffe bei der Umwandlung in Humin und Huminsäure ($C_{40} H_{24} O_{12}$), welche häufiger als das Ulmin und die Ulminsäure in der Ackererde vorkommen. Aus dem Zucker z. B. entsteht durch Einwirkung von Säuren unter Absorption von Sauerstoff aus der Luft:

	C	H	O
½ von 7 Aeq. Zucker	42	70	35
1 Aeq. Humin	40	24	12
1 Aeq. Ameisensäure	2	2	3
22 Aeq. Wasser		44	22
	42	70	37.

In der Ackererde werden während der Fäulniß statt 2 At. Sauerstoff 4 At. aufgenommen und statt Ameisensäure Kohlensäure und Wasser gebildet.

Die Umwandlung des Zuckers während der Fäulniß in Humin oder Ulmin oder in die gleichnamigen Säuren beruht auf einer einfachen Umsetzung der Elemente. Die Bildung des Ulmins ist begleitet von der Aufnahme von 2 At. Sauerstoff, die des Humins von 4 At. und die der Geïnsäure von 6 At. Sauerstoff nach folgendem Schema:

	C	H	O
½ von 7 Aeq. Zucker + O_2	42	70	37
2 Aeq. Kohlensäure	2		4
19 Aeq. Wasser		38	19
1 Aeq. Ulmin	40	32	14
	42	70	37.

	C	H	O
½ von 7 Aeq. Zucker + O_4	42	70	39
2 Aeq. Kohlensäure	2		4
23 Aeq. Wasser		46	23
1 Aeq. Humin	40	24	12
	42	70	39.

	C	H	O
½ von 7 Aeq. Zucker + O_6	42	70	41
2 Aeq. Kohlensäure	2		4
23 Aeq. Wasser		46	23
1 Aeq. Geïnsäure	40	24	14
	42	70	41.

Von dem Amylon, Gummi, Inulin, der Moosstärke, Cellulose u. s. w. gilt dasselbe wie vom Zucker. Pflanzenschleim, Pektin und andere dahin gehörige, in den Pflanzen so allgemein verbreiteten Stoffe brauchen keinen Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen, wenn sie in Humin übergehen. Sie

bestehen aus $C_{12}H_{16}O_{10}$ und würden also nach dem obigen Schema geben:

	C	H	O
½ von 7 Aeq. Pektin	42	56	35
2 Aeq. Kohlensäure	2		4
16 Aeq. Wasser		32	16
1 Aeq. Humin	40	24	12
	42	56	32.

Es bleiben also noch 3 At. Sauerstoff übrig, so daß Cellulose, Amylon, Zucker u. s. w., mit einer gewissen Quantität Pektin oder Schleim gemengt, Humus würden erzeugen und Kohlensäure an die Atmosphäre abgeben können, ohne Sauerstoff aus derselben aufzunehmen.

Jene indifferenten Stoffe machen die Hauptmasse der Pflanzen aus. Daß sie auf die eben angegebene Weise zersetzt werden, ist mehr als wahrscheinlich. Von manchen organischen Verbindungen läßt sich die Art der Zersetzung bei der Humusbildung nicht mehr mit Wahrscheinlichkeit angeben, bei anderen indessen noch mit ziemlicher Sicherheit nachweisen; aber das mitgetheilte Beispiel der allgemein verbreiteten indifferenten Pflanzenstoffe mag hier genügen.

Von einem der Hauptbestandtheile sowohl des thierischen Körpers als der Pflanzen, von dem Protein, ist die Humuserzeugung sehr einfach. Sie geschieht unter Einfluß der Salzsäure und des Sauerstoffs der Luft, wie folgt *):

	C	H	N	O	Cl
1 Aeq. Protein	40	62	10	12	
4 Aeq. Salzsäure		8			8
4 Aeq. Sauerstoff				4	
	40	70	10	16	8

*) Bulletin 1840, p. 74.

Daraus entsteht:

	C	H	N	O	Cl
1 Aeq. Humin	40	30		15	
1 Aeq. Ammoniak		6	2		
1 Aeq. Wasser		2		1	
4 Aeq. Chlorammonium		32	8		8
	40	70	10	16	8.

Bei der Humusbildung aus Protein entsteht ebenfalls Humin und Ammoniak unter Aufnahme von 4 At. Sauerstoff aus der Luft:

	C	H	N	O
1 Aeq. Protein + O_4	40	62	10	16
1 Aeq. Humin	40	30		15
1 Aeq. Wasser		2		1
5 Aeq. Ammoniak		30	10	
	40	62	10	16.

Die übrigen Bestandtheile des Thierkörpers sind in dieser Beziehung nicht untersucht; man weiß also von ihnen nicht, welche Veränderung sie in der Erde während der Humusbildung erleiden.

Obgleich die Zersetzungsprodukte der organischen Stoffe nach Verschiedenheit der Umstände verschieden sind, und die obigen Schemata die Zersetzung nur für einen einzigen bestimmten Fall darstellen, so folgt doch aus dem Angeführten, daß die verschiedenen Produkte des Pflanzen- und Thierreichs, und besonders die Hauptbestandtheile derselben sowohl unter dem Einfluß chemischer Agentien, als auch während der Fäulniß in der Erde dieselben Stoffe erzeugen, welche den wichtigsten Bestandtheil des Bodens der schwarzen Erdschicht ausmachen.

Die Ulminsäure, Huminsäure und Geinsäure, auf welche

Art sie gebildet sein mögen, besitzen das Vermögen, Ammoniak und Wasser bis zu mehreren Procenten zu absorbiren. Das Wasser läßt sich erst wieder bei höherer Temperatur austreiben. Die Quantität, welche bei 140° entweicht, beträgt bei verschiedenen Humin- und Ulminarten zwischen 8 und 16 % *). Erst bei 195° sind jene Körper wasserfrei. Dieses starke hygroskopische Vermögen befördert das Wachsthum der Pflanzen bedeutend. In der Ackererde kommt die Humin- und Geïnsäure immer mit Ammoniak verbunden vor; alles Ammoniak, welches bei der Fäulniß stickstoffhaltiger Körper (Protein der Pflanzen und Thiere) entwickelt oder aus den Bestandtheilen der Luft und des Wassers in der porösen Erde erzeugt wird, vereinigt sich mit der Humin- oder Geïnsäure zu humussaurem oder geïnsaurem Ammoniak. Es finden sich davon in verschiedenen Arten der Ackererde verschiedene Modificationen. Die bei 140° getrockneten humussauren und geïnsauren Ammoniaksalze verschiedener Erd- und Torfarten gaben folgende Zusammensetzung:

Torf	$C_{40}H_{24}O_{12}$	$+ N_2H_6 + 4\ H_2O$
Verfaulter Baum	id.	$+ N_2H_6 + 5\ H_2O$
Erde aus einem Baumgarten	id.	$+ 2\ N_2H_6 + 4\ H_2O + 2\ O$
Gartenerde	id.	$+ 2\ N_2H_6 + 4\ H_2O + 2\ O$
Erde von einer Wiese	id.	$+ 2\ N_2H_6 + 5\ H_2O$
Gartenerde, worin Eichen wachsen	id.	$+ N_2H_6 + 5\ H_2O$
Gartenerde, worin Johannisbeersträuche wachsen	id.	$+ N_2H_6 + 6\ H_2O$.

Das Vermögen der Ulminsäure, Huminsäure und Geïnsäure, Ammoniak zu condensiren, ist so stark, daß man in

---

*) Bulletin 1840, p. 10, 47, 50.

der aus Zucker durch Salzsäure dargestellten Säure fast immer Ammoniak findet, wenn man nicht sorgfältig den Zutritt der Luft verhindert. Ammoniak, auf die oben (S. 155) angegebene Weise entstanden, ist immer in der Atmosphäre enthalten und verbindet sich ebenso mit der Geïn-, Humin- und Ulminsäure, wie es die Salzkrusten an dem Halse einer Phosphorsäure-Flasche und die schwerere Flüssigkeit an dem Halse einer Salpetersäure-Flasche erzeugt. Von jener Eigenschaft hat sich ohne Zweifel Hermann irreführen lassen, als er behauptete, daß die Huminsäure aus Zucker Stickstoff enthalte *). Sie erklärt eine sehr wichtige Funktion der Ackererde, Ammoniak zu condensiren und so den Pflanzen den Stickstoff zu liefern; ferner die Fähigkeit derselben, das bei der Verwesung stickstoffhaltiger Körper erzeugte Ammoniak zurückzuhalten; und endlich die Beförderung der Vegetation durch stickstoffhaltigen Dünger.

Durch das Ammoniak wird auch die Geïn-, Humin- und Ulminsäure der Ackererde in den löslichen Zustand versetzt und auf diese Weise befähigt, gleich den unorganischen Salzen, den Sulphaten, Chlorüren u. s. w. der Alkalien von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen zu werden. Das Ammoniak reiht sich also als Basis an das Kali, die Magnesia, das Natron, den Kalk, das Eisen- und Manganoxyd des Bodens, welche zusammen eine große Reihe Ulmate, Humate und Geate bilden, deren einige im Wasser löslich, andere unlöslich sind.

In dem Maaße, als das Ammoniak in größerer Quantität vorhanden ist, werden andere Basen, wie Eisen- und Manganoxyd dadurch ersetzt, und also aus unlöslichen oder schwer löslichen Verbindungen leicht lösliche Ammoniaksalze

---

*) Journal für praktische Chemie 1841. Erster Band, Seite 68. Die ganze Untersuchung von Hermann in diesem und den folgenden Theilen 1841, Th. II. p. 375 und 1842, Th. I. p. 189 trägt in sich selbst den Beweis der Unrichtigkeit seiner Resultate.

der Geïn-, Humin- und Ulminsäure gebildet. Je mehr Ammoniak gebende Stoffe also in dem Boden verwesen, um so mehr lösliche Salze wird er enthalten.

So viel über die humusartigen Stoffe der Ackererde, d. h. über diejenigen, welche durch Alkalien aus derselben ausgezogen und aus den alkalischen Lösungen durch Säuren wieder gefällt werden. Sie enthält noch zwei andere nicht minder wichtige Bestandtheile, nämlich die Quellsäure und Quellsatzsäure, welche beide in der Natur nie im freien Zustande, aber gleich den humusartigen Stoffen als Doppelsalze von Ammoniak, Kali, Natron, Kalk, Magnesia oder Eisenoxyd vorkommen und als solche zum Theil löslich, zum Theil unlöslich sind, aber immer durch Ammoniak löslich gemacht werden können.

Die Zusammensetzung dieser Säuren ist folgende:

Quellsatzsäure $= C_{48}\ H_{24}\ O_{24}$

Quellsäure $= C_{24}\ H_{24}\ O_{16}$

Sie verbinden sich innig mit Ammoniak, so daß sie den Charakter einer viergliedrigen organischen Verbindung annehmen. Durch Behandlung mit Kali bei höherer Temperatur verlieren sie übrigens den Ammoniakgehalt völlig. Aber außer mit dem Ammoniak sind jene Säuren in dem Boden noch mit anderen Basen verbunden, und zwar so, daß das Ammoniaksalz fast immer den einen Bestandtheil von einem Doppelsalze der Quellsatzsäure oder Quellsäure mit Kali, Natron, Kalk, Magnesia oder Eisenoxyd ausmacht.

Aus den drei oben (S. 153.) erwähnten und anderen Erdarten sind die folgenden Apocrenate und Crenate erhalten, und zwar in der Form von Doppelsalzen der Säuren mit Ammoniak und Kupfer. Jene Säuren haben dies mit der Ulmin-, Humin- und Geïnsäure gemein, daß sie sich äußerst schwer trocknen lassen, und daß sie bei gleicher Temperatur getrocknet, eine verschiedene Quantität Wasser zurückhalten, und zwar eine um so größere Menge, je kleiner

die damit verbundene Menge Basis ist. Die Analyse der aus den genannten Erdarten dargestellten Apocrenate von Ammoniak und Kupferoxyd gab für die organischen Bestandtheile folgende Zusammensetzung:

$$C_{48}\,H_{24}\,O_{24} + 1\tfrac{1}{2}\,N_2\,H_6 + 5\,Aq.$$
$$C_{48}\,H_{24}\,O_{24} + \tfrac{1}{2}\,N_2\,H_6 + 10\,Aq.\ ^{*}).$$

---

*) Scheik. Onderz, Deel II, p. 99.

Quellsatzsaures Ammoniak aus zwei verschiedenen Erdarten bei 140°

	gef. I.	gef. II.	At.	ber.
C	51,89	50,83	48	51,66
H	3,75	4,16	43	3,78
N	3,37	4,09	3	3,74
O	40,99	40,92	29	40,82

$= C_{48}\,H_{24}\,O_{24} + 1\tfrac{1}{2}\,N_2\,H_6 + 5\,H_2\,O$

Quellsatzsaures Ammoniak aus zwei anderen Erdarten bei 140°.

	gef. I.	gef. II.	At.	ber.
C	48,37	48,18	48	49,24
H	3,90	4,04	47	3,94
N	1,11	1,48	1	1,19
O	46,62	46,30	34	45,63

$= C_{48}\,H_{24}\,O_{24} + \tfrac{1}{2}\,N_2\,H_6 + 10\,H_2\,O$

Quellsatzsaures Ammoniak aus Huminsäure (aus Zucker) durch Salpetersäure bei 110°.

	gef.	At.	ber.
C	55,43	48	55,10
H	3,49	34	3,19
N	2,98	2	2,66
O	38,10	26	39,09

$= C_{48}\,H_{24}\,O_{24} + N_2\,H_6 + 2\,H_2\,O$

Neutrales quellsatzsaures Ammoniak-Bleioxyd bei 110°.

	gef.	At.	ber.
C	28,97	48	29,98
H	1,88	34	1,73
N	1,80	2	1,45
O	22,67	26	21,20
PbO	44,68	4	45,64

$= C_{48}\,H_{24}\,O_{24} + N_2\,H_6 + 4\,PbO + 2\,H_2\,O$

Wasserfreie Quellsatzsäure.

	gef.	At.	ber.
C	59,06	48	59,00
H	2,87	24	2,41
O	38,07	24	38,59

Die Quellsatzsäure ist eine fünfatomige Säure und kann sich also entweder mit fünf Aeq. Wasser oder mit eben so viel einer anderen Basis vereinigen. Dies gilt wenigstens von der künstlich dargestellten Säure. Diejenige, welche in der Ackererde vorkommt, kann vielleicht eben so wie die Humussäuren mehrere Aeq. Wasser und also auch mehrere Aeq. Basis aufnehmen.

Künstlich wird die Quellsatzsäure auf verschiedene Weise dargestellt; zwei dieser Methoden sind besonders für unsere gegenwärtigen Betrachtungen von Interesse.

Wenn Salpetersäure auf Humussäure, gleichgültig welches Ursprungs sie sei, oder auf Holzkohle einwirkt, so entsteht quellsatzsaures Ammoniak. Es ist daher in allen Fällen, wo Salpetersäure aus organischen Stoffen Humussäure erzeugen kann, das Endprodukt der Zersetzung. Phloridzin z. B. wird durch verdünnte Salpetersäure in Phloretin

---

Quellsaures Ammoniak aus Ackererde bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	44,98	24	45,59
H	5,50	34	5,27
N	3,88	2	4,41
O	45,64	18	44,73

$= C_{24}H_{24}O_{16} + N_2H_6 + 2H_2O$.

Quellsaures Ammoniak aus einer anderen Erdart bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	45,77	24	45,53
H	5,35	31	5,11
N	1,94	1	2,20
O	46,94	18	47,16

$= 2(C_{24}H_{24}O_{16} + H_2O) + N_2H_6 + H_2O$

Quellsäure aus einer dritten Erdart bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	46,87	24	46,78
H	4,97	30	4,77
O	48,16	19	48,45

$= C_{24}H_{24}O_{16} + 3H_2O$.

Die Apocrenate und Crenate, aus Ackererde extrahirt, deren Zusammensetzung so eben mitgetheilt ist, wurden, wie die Quellsäure, mit Kupferoxyd verbunden.

und Traubenzucker verwandelt, der Traubenzucker in Humussäure und diese endlich in quellsatzsaures Ammoniak. Phloridzin, anhaltend mit Salpetersäure behandelt, giebt also Quellsatzsäure in Verbindung mit Ammoniak:

$$C_{48}\ H_{24}\ O_{24} + N_2\ H_6 + 2\ H_2\ O$$

Dies ist die Zusammensetzung einer Verbindung, welche durch Einwirkung von Salpetersäure auf Humussäure (aus Zucker, Ackererde und Torf) dargestellt und bei 140° getrocknet ist. Derselbe Stoff mit Ammoniak gesättigt und bei 120° getrocknet gab:

$$C_{48}\ H_{24}\ O_{24} + 3\ N_2\ H_6 + 3\ Aq.$$

Ein Bleisalz, erhalten durch Fällen von neutralem essigsauren Blei mit neutralem quellsatzsauren Ammoniak, hatte bei 110° getrocknet die Zusammensetzung:

$$C_{48}\ H_{24}\ O_{24} + N_2\ H_8\ O + 4\ PbO,\ aq.$$

Das letzte Aeq. Wasser kann wahrscheinlich bei höherer Temperatur noch ausgetrieben werden, aber da dies Salz schwer zu trocknen ist und leicht zersetzt wird, so habe ich den Versuch unterlassen.

Die künstliche Säure mag demnach für eine fünfbasische gehalten werden. Sie gehört, wie die Ulminsäure, Huminsäure und Geïnsäure zu den gallertartigen Stoffen, welche wie die Thonerde sich gegen Wasser, Basen und Säuren unter verschiedenen Umständen verschieden verhalten, eine Eigenschaft, vermöge welcher sie sowohl eine bedeutende Menge Wasser aufnehmen, als auch sich mit verschiedenen Basen gleichzeitig verbinden kann. Durch die Eigenthümlichkeit, fünfbasisch zu sein, werden unlösliche Apocrenate, z. B. von Eisenoxyd, im Wasser löslich gemacht, indem sie sich mit löslichen Apocrenaten zu Doppelsalzen vereinigen; und dadurch wird den Pflanzen mit den vier organischen Elementen zugleich eine Reihe von Basen in den verschiedensten Verhältnissen zugeführt. Aus dem genannten Grunde giebt es also Apocrenate von folgender Zusammensetzung, welche

alle im Wasser löslich sind und in der Ackererde vorkommend den Pflanzen als Nahrungsstoffe dienen:

$$C_{48}H_{24}O_{24} + 5N_2H_8O$$
$$C_{48}H_{24}O_{24} + 4N_2H_8O + KO$$
$$C_{48}H_{24}O_{24} + 3N_2H_8O + KO,CaO$$
$$C_{48}H_{24}O_{24} + 2N_2H_8O + KO,CaO,MgO$$
$$C_{48}H_{24}O_{24} + N_2H_8O + KO,CaO.MgO,FeO.$$

Deshalb ist die Quellsatzsäure für die Vegetation von unberechenbarem Werthe und nimmt in dieser Beziehung unzweifelhaft einen weit höhern Rang ein, als die humusartigen Säuren.

Während durch die Einwirkung der Salpetersäure auf Humussäure, Ulminsäure oder Geïnsäure quellsatzsaures Ammoniak gebildet wird, entsteht gleichzeitig Ameisensäure und Oxalsäure, z. B. aus zwei Aeq. Humussäure und N_2O_{44} der Salpetersäure.

	$C_{80}H_{60}N_2O_{74}$
1 Aeq. Quellsatzsäure	$C_{48}H_{24}\ O_{24}$
1 Aeq. Ammoniak	$H_6\ N_2$
24 Aeq. Ameisensäure	$C_{24}H_{24}\ O_{36}$
4 Aeq. Oxalsäure	$C_8\ O_{12}$
2 Aeq. Wasser	$H_4\ O_2$
	$C_{80}H_{60}N_2O_{74}$.

Bei dieser Einwirkung der Salpetersäure, welche meist sehr heftig ist, entwickelt sich immer eine große Menge Stickoxydgas.

Auf ähnliche Weise geschieht die Bildung der Quellsatzsäure in der Ackerkrume, nur daß natürlicher Weise anstatt der Oxalsäure und Ameisensäure Kohlensäure entsteht. Das Ammoniak des Bodens, durch die darin eingeschlossene Luft und unter dem Einfluß faulender organischer Stoffe und des Wassers gebildet, kann sich zu Salpetersäure oxydiren, und dies geschieht auch ohne Zweifel bei Gegenwart der zur

Nitrification erforderlichen Basen. Lange Zeit bereitete man den Salpeter in manchen Gegenden Aegyptens, Indiens u. s. w. ausschließlich durch Auslaugen des Bodens.

Der Sauerstoff der in dem Erdboden enthaltenen Luft oxydirt den Wasserstoff und Stickstoff des aus den Bestandtheilen der Luft gebildeten Ammoniaks und erzeugt daraus Wasser und Salpetersäure. Aber letztere trifft in der Ackererde sogleich einen Stoff, die Humussäure oder das Humin, welcher unter ihrem Einfluß in quellsatzsaures Ammoniak und Kohlensäure (anstatt der Ameisensäure und Oxalsäure) verwandelt wird. Jene Umwandlung der Humussäure in Quellsatzsäure geschieht gleich der voraufgehenden Ammoniakbildung immer nur zu kleinen Theilen.

Um ein Aeq. Quellsatzsäure zu erzeugen, sind 2 Aeq. Huminsäure, 1 Aeq. Ammoniumoxyd und 76 Aeq. Sauerstoff erforderlich.

	$C_{80}H_{36}N_2O_{101}$
1 Aeq. Quellsatzsäure	$C_{48}H_{24}\ O_{24}$
1 Aeq. Ammoniak	$H_6\ N_2$
32 Aeq. Kohlensäure	$C_{32}\ O_{64}$
13 Aeq. Wasser	$H_{26}\ O_{13}$
	$C_{80}H_{36}N_2O_{101}$.

Das Ammoniak des humussauren Ammoniaks wird bei jener Zersetzung einfach auf die Quellsatzsäure übertragen, aber es erfüllt einen Zwischendienst, es muß nämlich Sauerstoff binden. Das Bestreben des Ammoniaks zur Salpeterbildung veranlaßt den Sauerstoff der in dem Boden eingeschlossenen Luft sich mit den Elementen der Humussäure zu vereinigen, während es selbst unverändert bleibt, die Ackerkrume nicht verläßt und auch nicht zu Salpetersäure oxydirt wird. Wo kein Ueberschuß von organischen Stoffen vorhanden ist, da wird bei feuchter Luft und bei Gegenwart von Kalk, Magnesia oder Kali aus dem Ammoniak Salpe-

tersäure erzeugt; wo aber die Basen nicht das Uebergewicht haben, sondern im Gegentheil die organischen Körper, da entsteht durch Verwesung Huminsäure, und gleichzeitig aus dem Stickstoff der Luft Ammoniak und endlich quellsatzsaures Ammoniak, Kohlensäure und Wasser.

Die Erzeugung des quellsatzsauren Ammoniaks durch Oxydation des humussauren Ammoniaks geht bei der Sommerwärme in dem Boden (außer in der obersten der Luft bloßgestellten Schicht) unaufhörlich vor sich; die kleinste Menge davon wird, wenn genug Wasser vorhanden ist, als eine Doppelverbindung mit Ammoniak und andern festen Basen von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen; und in dem Maaße als dem Boden auf diese Weise die quellsatzsauren Salze entzogen werden, bilden sich aus der im Uebermaaß vorhandenen Humussäure und dem Humin stets wieder neue Quantitäten.

Die Bildung der Quellsatzsäure kann also in einem gewissen Sinne eine organische Nitrification genannt werden*).

Bis jetzt haben wir bloß die Humussäure bei der Erzeugung der Quellsatzsäure in Betracht gezogen. Die Existenz eines Körpers, welcher anstatt: $C_{40}H_{24}O_{12}$ die Zusammensetzung: $C_{40}H_{24}O_{14}$ hat, nämlich die Geïnsäure, macht es wahrscheinlich, daß nicht die Huminsäure unmittelbar, sondern vielmehr die Geïnsäure in Quellsatzsäure übergeht, und daß also die Stoffe in folgender Ordnung aufeinander folgen: Ulminsäure, Huminsäure, Geinsäure, Quellsatzsäure.

Diese Reihe wird durch eine vierte sehr wichtige Substanz, das Endprodukt der Oxydation organischer Stoffe, bevor sie ganz in Kohlensäure und Wasser zerfallen, geschlossen, nämlich die Quellsäure.

Die Zusammensetzung derselben ist wie wir oben sahen: $C_{24}H_{24}O_{16}$. Sie kommt ebenfalls mit Ammoniak verbunden

*) Die Thatsachen, worauf sich jene Ideen stützen, findet man in den Scheik Onderz., Deel II.

in der Ackerkrume vor und bildet auch in Wasser lösliche Doppelsalze *). Sie findet sich nebst quellsatzsauren Salzen in allen Arten von Wasser, welches mit organischen Stoffen der Ackerkrume in Berührung gewesen ist. Im Quellwasser fand Berzelius sie zuerst, später auch im Sumpf- und Moorwasser. In Verbindung mit Kupferoxyd enthält das quellsaure Ammoniak, so wie es auf die oben (p. 157) angegebene Weise aus der Ackerkrume erhalten wird, in Uebereinstimmung mit der Quellsatzsäure, Wasser und Ammoniak in variirenden Mengen. Die untersuchten Erdarten gaben nach Abzug des Kupferoxyds.

$$C_{24}H_{24}O_{16} + N_2H_8O + aq.$$

$$2(C_{24}H_{24}O_{16}) + N_2H_8O + 2aq.$$

Nach der Bestimmung des Atomgewichts der Quellsäure von Berzelius ist sie eine vierbasische Säure und bildet die folgende Reihe von Salzen:

$$C_{24}H_{24}O_{16} + 4N_2H_8O$$

$$C_{24}H_{24}O_{16} + 3N_2H_8O,KO$$

$$C_{24}H_{24}O_{16} + 2N_2H_8O,KO,CaO$$

$$C_{24}H_{24}O_{16} + N_2H_8O,KO,CaO,MgO.$$

Ebenso wie bei den quellsatzsauren Salzen muß die Quantität des quellsauren Ammoniaks in jenen Salzen um so größer sein, je mehr Ammoniak erzeugt wird.

Nach Berzelius entsteht die Quellsatzsäure aus der Quellsäure leicht bei Einwirkung der atmosphärischen Luft. Dabei wird Sauerstoff aufgenommen und Wasser gebildet.

	C	H	O
2 Aeq. Quellsäure	48	48	32
1 Aeq. Quellsatzsäure	48	24	24
+ 4O aus der Luft		24	12.

Aber umgekehrt hat Berzelius beobachtet, daß Salpetersäure aus Quellsatzsäure Quellsäure erzeugen kann.

*) Siehe die Note S. 174.

	C	H	O
1 Aeq. Quellsatzsäure	48	24	24
1 Aeq. Quellsäure	24	24	16
	24		8
Sauerstoff der Salpeters.			40
24 Aeq. Kohlensäure	24		48

Bei der fortwährenden Neigung zur Nitrification in dem Erdboden verwandelt sich die Quellsatzsäure allmälig in Quellsäure; damit schließt sich die Reihe der Ulminsäure, Huminsäure, Geïnsäure und Quellsatzsäure. In der obersten Erdschicht dagegen, wo die Luft nicht abgeschlossen ist, und die Neigung zur Salpeterbildung also nicht mehr besteht, muß im Gegentheil die Quellsäure wieder in Quellsatzsäure zurückgeführt werden.

Alles, was über die Entstehung der Quellsatzsäure und Quellsäure aus Ulmin-, Humin- und Geïnsäure, unter dem Einfluß der Wärme und feuchter abgeschlossener Luft, gesagt ist, gilt auch für die Holzkohle und im Allgemeinen für alle kohlenartigen Körper. Bekanntlich entsteht aus Kohle durch Einwirkung der Salpetersäure Quellsatzsäure. Es wird daher von selbst einleuchten, wie die Holzkohle das Wachsthum der Pflanzen befördern muß, da bei der sogenannten organischen Nitrification in der feuchten Kohle aus atmosphärischer Luft erst Ammoniak und vermöge dessen Bestreben, sich zu oxydiren, Wasser und Salpetersäure erzeugt wird, welche letztere die Kohle in Quellsatzsäure und Ammoniak und endlich die Quellsatzsäure durch fortschreitende organische Nitrification in Quellsäure verwandelt. Es liegt daher nichts Befremdendes in der Anwendung von feuchter Kohle mit Holzasche gemengt als Düngungsmittel.

Wir können diese kurze Entwickelung der Processe, welche in der Ackererde vor sich gehen, beschließen; sie sind an und für sich deutlich genug.

Noch ein Gegenstand bleibt uns indessen übrig, welcher Beachtung verdient. Die Ulminsäure entsteht aus organischen, z. B. indifferenten Stoffen, unter gleichzeitiger Bildung von Kohlensäure, also aus Cellulose, Amylon u. s. w.

	C	H	O
2 Aeq. Cellulose	48	84	42
1 Aeq. Ulminsäure	40	28	12
8 Aeq. Kohlensäure	8		16
14 Aeq. Wasser		28	14
	48	56	42.

Von den 84 At. Wasserstoff bleiben 28 At. übrig, wenn bei Fäulniß oder Verwesung Ulminsäure, Kohlensäure und Wasser aus Cellulose entsteht. Dieser Wasserstoff im statu nascenti unterstützt die Ammoniakbildung aus dem Stickstoff der Atmosphäre. Dasselbe findet bei der Erzeugung der Quellsatzsäure und Quellsäure Statt.

	C	H	O
2 Aeq. Huminsäure	80	48	24
1 Aeq. Quellsatzsäure	48	24	24
	32	24.	

Wird durch 64 Aeq. Sauerstoff aus der Luft aller Kohlenstoff zu Kohlensäure oxydirt, so bleiben wiederum 24 At. Wasserstoff übrig.

Es verdient Beachtung, daß bei der Verwandlung der allgemein in dem Pflanzenreich vorkommenden Stoffe in Bestandtheile der Ackererde, also bei der Verwesung von Cellulose, Amylon, Gummi, Zucker u. s. w. stets Wasserstoff frei wird. Aus allen diesen Körpern entsteht zuerst Ulminsäure, welche sich in Huminsäure verwandelt; hieraus wieder Quellsatzsäure und endlich Quellsäure. Jene Reihe von Veränderungen muß durchlaufen werden, ehe die organi-

schen Stoffe sich in Kohlensäure und Wasser zersetzen. Dieser ganze Proceß beruht auf einer einfachen Oxydation und ist also, wenn man will, eine langsame Verbrennung. Es ergiebt sich aus der Zusammensetzung der genannten fünf Stoffe, daß bei der Humusbildung immer eine neue Quantität Sauerstoff gebunden wird.

Ulmin und Ulminsäure	C_{40}	H_{28}	O_{12}
Sauerstoff aus der Luft			O_2
Humin und Huminsäure	C_{40}	H_{24}	O_{12}
2 Aeq. Wasser		H_4	O_2
Humin und Huminsäure	C_{40}	H_{24}	O_{12}
Sauerstoff aus der Luft			O_2
Geïnsäure	C_{40}	H_{24}	O_{14}

Denken wir uns aus Cellulose gleichzeitig Ulminsäure, Quellsatzsäure und Quellsäure gebildet:

	C	H	O
Ulminsäure	40	28	12
Quellsatzsäure	48	24	24
Quellsäure	24	24	16
	C_{112}	H_{76}	O_{52}

Unter gleichzeitiger Bildung von Kohlensäure und Wasser bleiben 60 At. Wasserstoff übrig:

	C	H	O
5 Aeq. Cellulose	120	210	105
Ulmin-, Quell- und Quellsatzsäure	112	76	52
37 Aeq. Wasser		74	37
8 Aeq. Kohlensäure	8		16
60 At. Wasserstoff		60	
	C_{120}	H_{210}	O_{105}

Wie man sich die Zersetzung von Cellulose, Amylon,

Gummi, Zucker u. s. w. auch vorstellen mag, immer bleibt Wasserstoff übrig.

Ein paar Beispiele mögen dies noch erläutern. Denken wir uns Ulminsäure sich in Quellsäure verwandeln.

	C	H	O
Ulminsäure	40	28	12
36 Sauerstoff aus der Luft			36
	40	28	48
Quellsäure	24	24	16
16 Kohlensäure	16		32
4 At. Wasserstoff		4	
	40	28	48

Oder lassen wir allen Kohlenstoff der Ulminsäure, Quellsatzsäure und Quellsäure sich oxydiren:

	C	H	O
Ulminsäure	40	28	12
Quellsatzsäure	48	24	24
Quellsäure	24	24	16
	112	76	52
172 Sauerstoff aus der Luft			172
	112	76	224
112 Kohlensäure	112		224
76 Wasserstoff		76	
	112	76	224

Dieser Wasserstoff oxydirt sich ohne Zweifel größtentheils zu Wasser; aber im Moment des Freiwerdens befördert er die Ammoniakbildung aus dem Stickstoff der Luft und dadurch bei der wirklichen Salpeterbildung die letztere, in der Ackerkrume aber die Entstehung der Quellsatzsäure und Quellsäure.

Aus dem Obigen geht deutlich hervor, daß die Beobachtung von Saussure unmöglich richtig sein kann, nach

welcher eine Ackererde ebenso viel Kohlensäure giebt, als sie Sauerstoff aufnimmt. Dieser Behauptung widerspricht die Gegenwart der Ulminsäure, Quellsatzsäure und Quellsäure.

Wir nähern uns also der wichtigen Frage, ob die Pflanzen organische Stoffe aus dem Boden aufnehmen, als quellsaure, quellsatzsaure, geïnsaure, huminsaure und ulminsaure Salze, oder ob sie allein von Kohlensäure, Ammoniak und Wasser leben, oder ob beides gleichzeitig geschieht. Hier eine ausführliche Entwickelung geben zu wollen von Allem, was darüber bekannt ist, wäre unzweckmäßig; dies gehört in den Abschnitt über die Ernährung der Pflanzen. Wir wollen hier nur andeuten, was den Pflanzen außer den bis jetzt besprochenen Stoffen, die in der Ackerkrume nie fehlen, von der Atmosphäre und dem Boden dargeboten wird; was sie also außer jenen würden assimiliren können, und wollen später untersuchen, welche Stoffe sie wirklich aufnehmen und auf welche Weise Pflanzentheile daraus gebildet werden.

Die schwarze Erdschicht ist, was ihre organischen Bestandtheile betrifft, aus unlöslichem Ulmin und Humin und aus löslichen Ulmaten, Humaten, Geaten, Apocrenaten und Crenaten von Ammoniak, Kali, Natron, Kalk, Magnesia und Eisenoxyd zusammengesetzt. Man nahm bis vor kurzer Zeit ganz allgemein an, daß die Humussäure der Hauptnahrungsstoff der Pflanzen sei; daß sie sich unter gewissen Umständen im Wasser löse, daß die Wurzeln der Pflanzen jene Auflösung aufnehmen können, und daß die Pflanze daraus neue organische Produkte erzeuge. Die Humussäure ist nämlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt, also aus dreien der vier organischen Grundstoffe. Das vierte Element, der Stickstoff, machte einige Schwierigkeit; man fand es nicht in der aus Zucker dargestellten Säure, und man übersah es in der Säure, welche in der Ackerkrume vorkommt (Sprengel). Boussingault nahm an, der Stickstoff würde in dem Boden aus der atmosphärischen Luft

condensirt; aber er unterließ zu zeigen, auf welche Weise dies geschehe.

Nach einer früheren Vorstellung sollten die Pflanzen alle ihre Nahrungsstoffe aus dem Boden entnehmen, dagegen stritten indeß sehr viele Beobachtungen. Es leben viele Pflanzen ganz in der Atmosphäre; andere haben ihre Wurzeln zwar in einen Boden befestigt, aber in eine solche Erde, die an auflöslichen organischen Stoffen zu arm ist, als daß sie dadurch ernährt werden könnten. Bekanntlich werden von einem guten Marschboden, dessen organische Bestandtheile höchst unbedeutend sind, jährlich mehrere tausend Pfunde von Früchten geerntet, während dem Boden entweder gar kein Dünger, oder nur sehr wenige organische Stoffe zugeführt werden. Ist denn ein solcher Boden unerschöpflich an organischen Materien? Das Ungereimte einer solchen Annahme liegt auf der Hand. Der Heideboden liefert davon noch ein deutlicheres Beispiel. Eine dürre Sandfläche mit einer dünnen Schicht organischer Körper bedeckt, wird umgepflügt und mit Spark (sparren)? besäet. Dies genügt, um nach einigen Jahren den Boden mit einer dicken Lage organischer Stoffe bedeckt zu finden. Es entziehen ihm also die Pflanzen letztere nicht, sondern im Gegentheil, sie führen ihm dieselben zu.

Erwägen wir ferner, daß der Weinstock in einer Handvoll Erde freudig gedeiht, welche oft künstlich in die Felsenwinkel geschafft ist; daß viele Cacteën sich auf den nackten Felsen festsetzen, wo sie keine Spur einer fruchtbaren Erde finden und daselbst fortleben; daß manche Orchideën wahre Luftpflanzen sind und keines sogenannten Bodens bedürfen; daß in den Wäldern, welche ohne den geringsten Ersatz jährlich viele tausend Pfunde für den Bedarf der Menschen hergeben, die Quantität der organischen Stoffe, welche den Boden bedecken, stets zunimmt; daß manche Gegenden, welche mit allen ihren Bedürfnissen versehen sind und wo das Land

nichts als einen Theil der eigenen Produkte wiedererhält, während große Mengen von Fleisch, Getreide und anderen Früchten jährlich ausgeführt werden, dennoch fortwährend zu den fruchtbarsten gehören; daß man von den Wiesen, welche nie mit organischen Stoffen gedüngt werden, alljährlich große Massen Heu erntet; endlich daß ein kahler Felsen, der erst Moose und später immer größere Pflanzen trägt, zuletzt ohne Zuthun des Menschen mit einer üppigen Vegetation und großen Bäumen geschmückt ist und unterdessen eine immer dickere schwarze Erdschicht bekommt (Linnaeus, de Telluris habitalis incremento); nehmen wir noch andere bekannte Beispiele hinzu, so dürfen wir nicht mehr bezweifeln, daß der Erdboden nicht alle Nahrungsstoffe der Pflanzen enthält.

Indessen die Pflanzen müssen in der Erde befestigt sein, sie haben dazu die Wurzeln; und der Boden sollte zu ihrer Ernährung nicht unentbehrlich sein? Dies kann nicht behauptet, noch bewiesen werden; aber das steht fest, daß die Stoffe, von denen sich manche Pflanzen unter gewissen Umständen nähren, nicht immer in dem Boden vorhanden sind, noch darin vorhanden zu sein brauchen.

Um endlich zu verstehen, wie denn die Pflanzen leben, welche von organischen Stoffen in dem Boden entweder nichts, oder nicht so viel finden, als sie bedürfen, muß man festhalten, daß sie, wenn nicht aus dem Boden, doch durch denselben Nahrungsstoffe empfangen.

Das Regenwasser führt nämlich Kohlensäure mit sich hinab in die Erde, welche schon von atmosphärischer Luft ganz durchdrungen ist und außerdem Ammoniak condensirt enthält. Da haben wir also in dem Boden alle vier organischen Grundstoffe: das Wasser, die Luft, das Ammoniak und die Kohlensäure liefern der Pflanze die Elemente, woraus sie alle ihre organischen Bestandtheile erzeugen kann. Es werden also den Wurzeln derselben Nahrungsstoffe

durch den Boden, aber aus der Atmosphäre zugeführt, und wir können uns erklären, wie eine Bodenart arm an organischen Stoffen, aber doch reich an organischen Produkten sein kann.

In dem Fall, wo der Boden organische Stoffe enthält, wird die Vegetation um so üppiger sein, je mehr jene im Stande sind, Kohlensäure und Ammoniak zu geben, vorausgesetzt, daß Wasser und Luft hinlänglich Zutritt haben. Die alljährlich verwelkenden Blätter fallen zur Erde nieder, und scheinbar verschwinden sie nach einiger Zeit. Mit feuchter Luft in Berührung, werden sie allmälig braun, zerfallen und bilden eine dunkle pulverige Masse. Sie verwesen und entwickeln eine große Menge Kohlensäure, welche sich in der Atmosphäre verbreitet und später oder anderswo von den Pflanzen wieder aufgenommen wird. Jene braune pulverige Masse ist Ulmin und Ulminsäure; sie ist an und für sich nicht fähig, in der Menge von den Pflanzen aufgenommen zu werden, daß sie zur Ernährung derselben hinreichte.

Endlich geben auch die verwesenden thierischen Substanzen eine große Menge Ammoniak und Kohlensäure und fahren damit fort, bis die Verwesung beendet ist. Dies erklärt, warum die Ackererde für die meisten Pflanzen so vortheilhaft, ja unentbehrlich ist; daraus erhellt der Nutzen des Düngers, welcher nicht im ursprünglichen Zustande, sondern zum Theil oder ganz zersetzt und also auch als Kohlensäure und Ammoniak die Pflanzen ernährt. Daraus folgt auch, warum ein Boden, welcher wenige oder gar keine organischen Stoffe enthält, dennoch den Pflanzen Leben und Nahrung geben kann, weil er nämlich durch das Regenwasser, obgleich in geringerer Quantität, dieselben Stoffe erhält, welche sich in der Ackerkrume aus der Humussäure und dem Dünger erzeugen.

Obgleich alle diese unbestreitbaren Thatsachen, welche von Liebig in einen so herrlichen Zusammenhang gebracht

sind, die Gewißheit geben, daß Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, aus der Luft den Wurzeln der Pflanzen in der Erde zugeführt, viele derselben hinlänglich ernähren, so kann doch nicht daraus geschlossen werden, daß nicht auch die im Wasser löslichen Ulmate, Humate und Geate der Ackererde, so wie die Crenate und Apocrenate von den Wurzeln aufgenommen werden, ja für manche Gewächse unentbehrlich sind. In dem Kapitel über die Ernährung der Pflanzen kommen wir später darauf zurück. Hier führe ich bloß an, daß manche Pflanzen, z. B. die auf nackten Felsen vegetirenden Moose, wirklich ausschließlich und alle anderen Gewächse mehr oder weniger auf Kosten der Bestandtheile der Luft vegetiren, eine eben so unbestreitbare Thatsache, wie die, daß von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak allein sehr wenige Pflanzen leben können, sondern daß sie außerdem noch organischer Stoffe in dem Boden bedürfen. Ein einziger Blick in die Hortikultur überzeugt uns hiervon aufs Vollkommenste *).

---

*) Zu den von Liebig gesammelten Thatsachen für die Behauptung, daß Kohlensäure, Wasser und Ammoniak ausschließlich die Pflanzennahrungsstoffe liefern, gehört das Gedeihen der Pflanzen in einem Pulver von Holzkohle. Während wir schon oben (p. 177) den Werth jener Thatsache untersucht haben, füge ich im Folgenden das hierauf Bezügliche hinzu.

Der Professor Numan hat mir nämlich folgende Beobachtungen mitgetheilt, welche veröffentlicht zu werden verdienen.

Roggen, Hafer, Buchweizen und Rüben wurden in einen feinen Sand in Töpfe gesäet, die drei ersten den 21. Juni, die Rüben den 29. Juli. Die oberste Sandschicht war mit grob zerstoßener Holzkohle und Torfasche gemengt. Der Buchweizen hatte Anfang September seine volle Höhe erreicht, blühte und setzte bereits am Ende desselben Monats Samen an, welcher reifte.

Der Roggen war zur gewöhnlichen Zeit, nämlich 10 bis 12 Tage nach dem Säen, aufgegangen, hatte eine frische dunkelgrüne Farbe und erreichte im September eine Länge von ungefähr anderthalb Spannen.

Der Hafer keimte und wuchs wie gewöhnlich und hatte eine ausgezeichnet schöne grünlich blaue Farbe. Die Pflanzen erhielten eine Höhe von etwa 24 Zollen und hatten ein breites und schweres Blatt. Ende September fingen sie an zu verwelken. An einzelnen Halmen hatte sich Samen angesetzt, welcher indessen nicht zur Reife kam.

Die Rüben gediehen vortrefflich und waren im Januar noch vollkom-

Wir haben also die Atmosphäre als eine äußerst wichtige, nicht aber als die einzige Quelle kennen gelernt, woraus die gegenwärtig lebenden Pflanzen ihre Nahrung erhalten.

Die Funktionen der unorganischen Stoffe des Erdbodens müssen verschieden sein, wenn sie bald die Bestandtheile der Atmosphäre, bald die organischen Stoffe der Ackererde den Pflanzen zuführen. Wie sie sich in Beziehung auf die Kohlensäure verhalten, ist unbekannt. Eben so ungewiß ist es, auf welche Weise den Pflanzen durch sie das Ammoniak dargeboten wird und welchen Einfluß die Kohlensäure und das Ammoniak von den verwitternden Gebirgsarten erleiden, wenn diese beiden nebst dem Wasser die alleinigen Nahrungsstoffe mancher Pflanzen sind. Kohlensaures Ammoniak in sehr verdünntem Zustande ist der Vegetation immer schädlich. Es liegt also noch ganz im Dunkeln, wie die Pflanzen, welche ganz auf Kosten der Atmosphäre leben, ernährt werden, und welchen Einfluß die pulverförmigen Stoffe des Bodens, als Träger der atmosphärischen Nahrungsstoffe, auf die Ernährung der Pflanzen haben.

Von den organischen Nahrungsstoffen ist dies nicht unbekannt. Die Basen verbinden sich mit den vorhandenen Säuren und werden von den Pflanzen als Ulmate, Humate, Geate, Apocrenate und Crenate aufgenommen. Es giebt übrigens unter den unorganischen Bestandtheilen des Bodens eine Base, welche noch besondere Aufmerksamkeit verdient, näm-

---

men grün. Die jungen Knollen waren gesund und würden schwerer geworden sein, wenn sie sich weiter hätten ausbreiten können.

Dabei verdient noch bemerkt zu werden, daß vom 15. August bis zum 15. September wenig Regen gefallen ist, so daß der Sand in den Töpfen ganz trocken wurde, und obgleich er nicht ein einziges Mal begossen war, wuchs doch Alles freudig fort.

Derselbe Samen, in Sand gesäet, dessen obere Schicht mit fein geriebener Torfkohle gemengt war, gab fast genau dieselben Resultate.

In bloßem Sande, ohne beigemengte Kohle, ging der Samen zwar auf, aber die Pflanzen blieben sehr klein und starben, ohne Samen zu tragen.

lich die Thonerde. Sie fehlt in keinem guten fruchtbaren Lande. Sie verbindet sich mit der Quellsatzsäure und Quellsäure zu im Wasser unlöslichen Körpern und verhindert dadurch, daß heftige Regengüsse den Boden auslaugen. Diesen Nachtheil erfährt der Sandboden in einem hohen Grade. Das Wasser unserer Heidegegenden ist von Apocrenaten braun gefärbt; in unserem Thonboden dagegen farblos und frei von organischen Stoffen, während es doch hier eben so wohl durch eine Humusschicht hat hindurchdringen müssen. Beide organische Säuren werden aus ihren Auflösungen durch frisch gefällte Thonerde niedergeschlagen (Berzelius, Lehrbuch Bd. 8, S. 401 und 410). Die Quellsäure kann aus ihrer Verbindung mit der Thonerde durch Ammoniak wieder getrennt werden, daher sie bei der fortwährenden Ammoniakbildung im Boden den Pflanzen immer in geringer Menge dargeboten wird.

Die Thonerde hat gleich den übrigen Basen noch eine andere wichtige Funktion, nämlich zu verhindern, daß jene beiden Säuren sich in Kohlensäure und Wasser zersetzen und sie in dem Boden lange Zeit unverändert zu erhalten, bis Pflanzen darin wachsen, welche sie aufnehmen und assimiliren.

Dies zeigt uns wiederum den innigen Zusammenhang zwischen den verwitterten Gebirgsarten und der organischen Natur und die hohe Bedeutung der todten Erde für Alles, was gegenwärtig auf derselben lebt.

VI. Allgemeine organische Körper.

Unter der großen Zahl organischer Verbindungen giebt es einige von sehr complicirter Natur, deren Zusammensetzung sich nicht auf die einfache Form der binären Verbindungen zurückführen läßt.

Diese sogenannten compleren Stoffe bilden eine besondere Gruppe; sie zeichnen sich durch einen hohen Grad von Unbeständigkeit aus und besitzen die Eigenschaft, anderen Verbindungen, mit denen sie in Berührung kommen, ihre Zersetzung mitzutheilen. Es sind in der Regel Verbindungen mehrerer Stoffe unter einander, welche zusammen zwar einen Gleichgewichtszustand behaupten können, aber bei ihrer compleren Natur leicht aus demselben herauszubringen sind.

Jene compleren Stoffe sind die Hauptbestandtheile der organischen Reiche; sie sind ganz besonders geeignet, bei Erhaltung der Form des Ganzen unaufhörlich einen Stoffwechsel zu unterhalten und also diejenige Funktion zu erfüllen, welche die Lebensthätigkeit vorzugsweise charakterisirt.

Aus diesen compleren Stoffen bilden sich leicht andere weniger zusammengesetzte, sowohl unter dem Einfluß des Organismus, als auch außerhalb desselben; gleichfalls entstehen aus einfachen Verbindungen zusammengesetztere, je nach Verschiedenheit der Umstände.

Man kann annehmen, daß der thierische Organismus hauptsächlich Verbindungen mit einfachen oder wenigstens

bekannteren Radikalen, die Pflanzenorgane dagegen meist complexe Stoffe erzeugen. Das erste liegt mehr in dem Bereich der Kunst; es lassen sich daher leichter die Produkte des Thierkörpers, als die der Pflanzen künstlich nachbilden.

Die Eigenthümlichkeiten der beiden organischen Reiche sind, wie wir S. 12 sahen, durch die Eigenschaft der vier Elemente: Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff — wozu noch Schwefel, Phosphor, Eisen und Jod kommen — sich in den mannigfaltigsten Verhältnissen zu vereinigen, und durch die Umstände bedingt, unter denen die organischen Stoffe auf einander einwirken können. Da ich glaube, diesen Punkt in dem ersten Abschnitte hinlänglich erläutert zu haben, so wird es genügen, hier noch zu bemerken, daß das kohlensaure Ammoniak, ein mit dem kohlensauren Kali isomorphes Salz, alle vier organischen Elemente enthält, die Elemente der unzähligen Verbindungen, deren Erzeugung und Auflösung in der organischen Natur mit einander abwechseln. Jenes Salz, zwar ein sogenannter unorganischer, aber aus den vier organischen Elementen zusammengesetzter Körper, enthält die Materie und die Kräfte, welche das Wesen der organischen Natur bestimmen; dies deutet uns an, worin wir die Ursache jener Eigenthümlichkeiten zu suchen und nicht zu suchen haben.

Die Hauptbestandtheile der organisirten Wesen beschränken sich auf eine geringe Zahl. Die Natur ist sparsam und einfach in ihren Mitteln, groß in ihren Zwecken, freigebig, verschwenderisch — möchte man fast sagen — in der Ausstattung und Vertheilung ihres Reichthums. Durch eine geringe Anzahl Elemente, in welche sie eine unendliche Modificirung derselben Grundkraft gelegt hat, schafft sie einige wenige zusammengesetzte Körper, welche als das Fundament der ganzen organischen Welt angesehen werden können. Diese weiß sie unter den verschiedensten Verhältnissen auf einander einwirken lassen und dadurch eine Mannigfaltigkeit

VI. Allgemeine organische Körper.

Unter der großen Zahl organischer Verbindungen giebt es einige von sehr complicirter Natur, deren Zusammensetzung sich nicht auf die einfache Form der binären Verbindungen zurückführen läßt.

Diese sogenannten complexeren Stoffe bilden eine besondere Gruppe; sie zeichnen sich durch einen hohen Grad von Unbeständigkeit aus und besitzen die Eigenschaft, anderen Verbindungen, mit denen sie in Berührung kommen, ihre Zersetzung mitzutheilen. Es sind in der Regel Verbindungen mehrerer Stoffe unter einander, welche zusammen zwar einen Gleichgewichtszustand behaupten können, aber bei ihrer complexeren Natur leicht aus demselben herauszubringen sind.

Jene complexeren Stoffe sind die Hauptbestandtheile der organischen Reiche; sie sind ganz besonders geeignet, bei Erhaltung der Form des Ganzen unaufhörlich einen Stoffwechsel zu unterhalten und also diejenige Funktion zu erfüllen, welche die Lebensthätigkeit vorzugsweise charakterisirt.

Aus diesen complexeren Stoffen bilden sich leicht andere weniger zusammengesetzte, sowohl unter dem Einfluß des Organismus, als auch außerhalb desselben; gleichfalls entstehen aus einfachen Verbindungen zusammengesetztere, je nach Verschiedenheit der Umstände.

Man kann annehmen, daß der thierische Organismus hauptsächlich Verbindungen mit einfachen oder wenigstens

bekannteren Radikalen, die Pflanzenorgane dagegen meist complere Stoffe erzeugen. Das erste liegt mehr in dem Bereich der Kunst; es lassen sich daher leichter die Produkte des Thierkörpers, als die der Pflanzen künstlich nachbilden.

Die Eigenthümlichkeiten der beiden organischen Reiche sind, wie wir S. 12 sahen, durch die Eigenschaft der vier Elemente: Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff — wozu noch Schwefel, Phosphor, Eisen und Jod kommen — sich in den mannigfaltigsten Verhältnissen zu vereinigen, und durch die Umstände bedingt, unter denen die organischen Stoffe auf einander einwirken können. Da ich glaube, diesen Punkt in dem ersten Abschnitte hinlänglich erläutert zu haben, so wird es genügen, hier noch zu bemerken, daß das kohlensaure Ammoniak, ein mit dem kohlensauren Kali isomorphes Salz, alle vier organischen Elemente enthält, die Elemente der unzähligen Verbindungen, deren Erzeugung und Auflösung in der organischen Natur mit einander abwechseln. Jenes Salz, zwar ein sogenannter unorganischer, aber aus den vier organischen Elementen zusammengesetzter Körper, enthält die Materie und die Kräfte, welche das Wesen der organischen Natur bestimmen; dies deutet uns an, worin wir die Ursache jener Eigenthümlichkeiten zu suchen und nicht zu suchen haben.

Die Hauptbestandtheile der organisirten Wesen beschränken sich auf eine geringe Zahl. Die Natur ist sparsam und einfach in ihren Mitteln, groß in ihren Zwecken, freigebig, verschwenderisch — möchte man fast sagen — in der Ausstattung und Vertheilung ihres Reichthums. Durch eine geringe Anzahl Elemente, in welche sie eine unendliche Modificirung derselben Grundkraft gelegt hat, schafft sie einige wenige zusammengesetzte Körper, welche als das Fundament der ganzen organischen Welt angesehen werden können. Diese weiß sie unter den verschiedensten Verhältnissen auf einander einwirken lassen und dadurch eine Mannigfaltigkeit

hervorzubringen, welche der Naturforscher immer mehr bewundert, je tiefer er in diese Schatzkammer ohne Ende hineinblickt.

Jene Verbindungen verdienen also vor allen anderen eine besondere Beachtung. Sie sind vierfacher Art: erstens solche, welche sowohl im Pflanzen- wie im Thierreiche vorkommen, zweitens solche, welche nur in einem der beiden Reiche, drittens solche, welche in keinem von beiden angetroffen werden, aber dennoch Stützen des organischen Reichs sind, und endlich diejenigen, welche als sogenannte unorganische Stoffe mit organischen vereinigt sind.

In die dritte Classe gehören: Kohlensäure, Ammoniak, Wasser, Luft, Humin und Huminsäure, Ulmin und Ulminsäure, Geïnsäure, Quellsäure und Quellsatzsäure, welche zusammen die Bestandtheile der Ackerkrume ausmachen. Die vierte Rubrik umfaßt Magnesia-, Kalk-, Natron-, Kali-, Mangan-, Eisensalze von Phosphorsäure, Schwefelsäure, Jod, Fluor und Chlor, Kieselsäure, Thonerde, sämmtlich Bestandtheile der verwitterten Gebirgsmassen. Alle jene Körper gehören übrigens zu dem Gebiete der organischen Natur; alle ihr unentbehrlichen Stoffe sind als organische anzusehen.

In die erste Abtheilung gehört das Protein, in die zweite das Dextrin der Pflanzen und die Gallerte der Thiere. Aus Dextrin bildet sich Cellulose, Amylum, Gummi, Zucker, vielleicht auch Pflanzenschleim; aus dem Amylum erzeugen sich die Fette und das Chlorophyll; letzteres wenigstens aus Amylum, wenn stickstoffhaltige Körper hinzutreten. Alle jene Stoffe sind von allgemeiner Wichtigkeit für die Chemie der Pflanzenphysiologie; wir wollen sie kurz abhandeln. In Betreff der thierischen Stoffe beschränken wir uns in diesem Abschnitte auf die Betrachtung der Proteinverbindungen, der leimgebenden Stoffe und der Farbstoffe des Blutes.

Diese wenigen zusammengesetzten Körper bilden die

Grundlage zu dem Thier- und Pflanzenreiche; ja noch weniger als diese; denn die meisten entwickeln sich einer aus dem andern. Sie sind zusammen die Quelle von Allem, was von organischen Körpern in den Pflanzen und Thieren existirt.

Während wir in den vorigen Abschnitten die Atmosphäre, das Wasser und die Bestandtheile der Ackererde im Verhältniß zur organischen Natur bereits betrachtet haben, so verweise ich in Betreff der zu der letzten Abtheilung gehörenden Stoffe auf die chemischen Lehrbücher. Hier wollen wir nur die Körper der ersten und zweiten Abtheilung hauptsächlich in Betreff ihrer Entstehung betrachten. Die Beschreibung der verschiedenen Stoffe, welche die Pflanzen und Thiere außerdem produciren, findet späterhin eine geeignetere Stelle, wenn von den Funktionen des Organismus die Rede sein wird, bei denen sie entstehen.

Pflanzenzellenstoff.

Es giebt in jeder Pflanze ein Organ von einer äußerst einfachen Form, welches aber zu den mannigfaltigsten Zwecken von der Natur benutzt wird. Es ist ein kleines häutiges Säckchen, eine dünne Membran, welche einen kleinen Raum von allen Seiten umgiebt und demselben mit dem äußeren Raume durch unsichtbare feine Oeffnungen eine Communikation gestattet. Solche Säckchen oder Zellen sind die wichtigsten Organe der Pflanzen. In unzähliger Menge neben einander gruppirt, bilden sie nicht einen oder einige Pflanzentheile, sondern die ganze Pflanze, so daß, wenn man Alles zerstören wollte und nur die Zellen unangerührt ließe, von der Pflanzenform nichts verloren ginge.

Diese Zellen schließen sich innig aneinander und scheinen in einander gewebt. Man nennt daher eine Masse derselben Zellengewebe.

Vorzugsweise durch die Zellen bildet die Natur die Pflanzen, Pflanzentheile und Pflanzenorgane und die unzähligen Produkte des Pflanzenreichs.

So große Aehnlichkeit eine Zelle mit einer andern oder ein Gewebe von Zellen mit einer andern Zellenmasse in ihrem Aeußern hat, so verschieden sind ihre Funktionen. Die Funktionen der Zellen untersuchen, heißt die Thätigkeit des Pflanzenreichs erforschen. Denn die Zellen unterhalten dieselbe ausschließlich und bringen Organe hervor, welche ihrerseits wieder Funktionen zu erfüllen haben. Daher eine Mannigfaltigkeit in der Natur, Form, Gruppirung und den Eigenschaften der Pflanzenzellenreihen, welche dem Naturforscher ein unbegränztes Feld der Untersuchung eröffnet.

Die Pflanzen der einfachsten Struktur, z. B. manche Schimmelpflanzen, sind bloß aus einigen aneinandergereihten Zellen zusammengesetzt, deren jede für sich das Vermögen besitzt, selbstständig zu bestehen und sich zu entwickeln, d. h. neue Zellen hervorzubringen. Jede Zelle ist also als eine Pflanze anzusehen, und jede Pflanze als eine Summe zu einem Ganzen verbundener Pflänzchen. Daraus erhellt nicht bloß die Wirksamkeit, sondern auch die Natur der Zellen und Pflanzen, und daraus läßt sich folgern, daß die einfachste Form der Pflanze eine Zelle ist (z. B. das Geschlecht Protococcus unter den Algen) und daß man sehr zusammengesetzte Pflanzen als eine Combination einer unzähligen Menge solcher einfachen Pflanzen betrachten kann. Es sind häutige Säckchen, und also Häutchen, welche aus einem oder mehreren chemischen Stoffen zusammengesetzt und zu einer hohlen Sphäre verbunden sind. Diese Häutchen besitzen ausgezeichnete und eben so mannigfaltig modificirte Kräfte, wie die Grundkräfte der Elemente, welche die Häutchen bilden.

Die Funktion einer jeden Zellenreihe ist nur einfach. Dieselben Stoffe, auf dieselbe Weise zu einer Zelle verbun-

den, bringen nicht mehr als eine einzige Reihe von Lebenserscheinungen hervor: das ist in der einfachsten Form nur Entwickelung neuer Individuen, gleich den erzeugenden. Verschiedenheit in der Form ohne große Verschiedenheit im Stoff befähigt übrigens die Zellenreihen zu mehreren Funktionen. Dies ist eins der ersten Gesetze der organisirten Natur: daß nämlich die Form einen eben so großen Einfluß auf die Art der Erscheinungen hat als die Materie, welche die Form schafft. Die einfache Zelle, zu einer häutigen Lamelle ausgedehnt, würde kein Organ mehr sein und keine Funktion erfüllen. Die Verbindungen von organischen Molekülen, d. h. von Körpern, welche aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff oder aus dreien derselben zusammengesetzt sind, besitzen also erstens das Vermögen, hohle Sphären zu bilden, gleich wie die meisten der übrigen Elemente symmetrische Krystallformen zu erzeugen streben. Aber zweitens — und dies ist für die Lehre vom Leben von äußerster Wichtigkeit — sind die Grundkräfte der Moleküle durch die Verbindung der Stoffe zu hohlen Sphären ganz und gar modificirt. Die hohle Sphäre ist ein Individuum; d. h. in der einfachsten Form, worin sie bestehen kann (bei den niedrigsten Schimmelpflanzen), enthält sie alle Kräfte der Moleküle zu einem Ganzen vereinigt, also in einem Gleichgewichtszustande, welcher nicht bloß von der Natur der Stoffe oder deren Elemente, sondern auch durch die Form bestimmt wird, und welcher ohne die hohle sphärische Form nicht bestehen würde. Ferner besitzt jene hohle Sphäre alle Kräfte, welche auf ein gemeinschaftliches Ziel hinwirken, unter einander vereinigt; eine Eigenthümlichkeit, welche fast von der sphärischen Gestalt abhängig zu sein scheint. —

Jene beiden Vorstellungen wollen wir, als aus zuverlässigen Beobachtungen abgeleitet, für ausgemachte Wahrheiten halten, und wir schließen mit Recht, daß in der organischen Natur die erste Folge der den Grundstoffen: Kohlenstoff,

Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff, inwohnenden Kräfte das Bestreben ist, häutige, hohle sphärische Körperchen zu bilden, von denen aufs Neue eigenthümliche Wirkungen ausgehen, welche durch andere Formen nicht hervorgebracht werden können. Stoff und Form und Form und Stoff bestimmen also zum großen Theil das Wesen der organischen Natur.

Dieser allgemeine Schluß ist aus tausenderlei Erscheinungen abgeleitet, welche die organische Natur darbietet, Erscheinungen, welche bei denselben Stoffen und verschiedenen Formen, oder bei verschiedenen Stoffen und denselben Formen verschieden sind.

Wäre daher das Pflanzenreich aus einem gemeinschaftlichen, einem einzigen Zellenstoffe zusammengesetzt, welcher aber der Form nach in verschiedenen Pflanzen-Familien oder Geschlechtern, Species, Theilen oder Organen sich unterschiede, so müßte doch derselbe chemische Körper, der Zellenstoff, verschiedene Wirkungen hervorbringen. Dies bestätigt sich in der That. Die kleinen Individuen, die Zellchen, sind verschiedene Individuen, sobald sie in ihrer Form abweichen, oder auf verschiedene Weise aneinandergereiht sind, bestehen sie auch fast genau aus denselben chemischen Stoffen. Die geringsten Verschiedenheiten der eigenen Bestandtheile oder der Stoffe, mit denen sie in Berührung kommen, sind im Stande, die Form auf mannigfaltige Weise zu modificiren, und die materiellen Produkte der verschiedenen Formen sind also eben so mannigfach, wie die verschiedenen Formen bei materieller Verschiedenheit. Endlich: bei gleicher Form und gleicher materieller Beschaffenheit müssen die Produkte der Zellen constant, bei verschiedener Form und materieller Verschiedenheit der Zellenwände veränderlich sein.

Mit Recht legen daher die Pflanzenphysiologen so großen Werth auf die Untersuchung der Formen und begnügen sich nicht mit der bloßen Kenntniß der procentischen Zusam-

mensetzung der Bestandtheile oder mit der Aufzählung einer Reihe von chemischen Körpern, welche bei der Zersetzung eines organischen Stoffes daraus hervorgehen, als wäre es möglich, durch künstliche Zersetzung nichts Anderes als natürliche Produkte zu erzeugen. Mit Recht sucht man heutiges Tages mit bewaffnetem Auge die verschiedenen Formen und ihre Entstehung mit großer Genauigkeit zu bestimmen, zu benennen und zu klassificiren. Mit Recht hofft man, daß diese Untersuchungen in Verbindung mit der Kenntniß der chemischen Natur der Körper einmal Licht über die lebende Natur verbreiten. Mit Recht endlich, glaube ich, führen wir Alles, was Form und chemische Natur betrifft, auf die Molekularkräfte, welche im Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff schlummern, zurück.

Man hat bereits in den Pflanzenzellen eine große Mannigfaltigkeit der Formen erkannt; aber noch viel bleibt zu lernen übrig. In manchen Pflanzen beobachtet man eine kaum benennenswerthe Verschiedenheit der Zellenform, und doch sind die Funktionen wesentlich verschieden. Ohne Zweifel muß hier die Verschiedenheit des Stoffes, wenn sie auch noch so unbedeutend ist, als Ursache der verschiedenen Thätigkeit angesehen werden. Dies Alles ist übrigens ein noch fast ganz unbearbeitetes Feld der Wissenschaft und wartet auf die Zeit, wo die Chemie die Stoffe isolirt dargestellt haben wird, so wie sie in der Natur vorkommen und man bei den mikroskopischen Untersuchungen der organisirten Natur daraus Nutzen ziehen kann.

Als allgemeine Regel kann man feststellen, daß Pflanzen, welche in ihren Funktionen beschränkt sind, homogene oder wenig verschiedene Zellenreihen besitzen, und daß die Zellenformen sich durch eine um so größere Mannigfaltigkeit auszeichnen, je mannigfaltiger die Produkte der Pflanzen sind, denen sie angehören; daß gleichartige Zellenreihen ne-

ben einander gruppirt sind und sich also bei ihren Funktionen gegenseitig unterstützen.

Man hat die Pflanzenzellen wissenschaftlich auf verschiedene Weise eingetheilt, nach ihrer Gestalt, nach der Stelle, welche sie einnehmen, nach ihrer Entstehungsweise und nach ihren Funktionen. Eine jede dieser Eintheilungen hat ihre gute Seite. Für eine physiologische Chemie ist die dritte Art der Classificirung die beste, ebenso für die Physiologie selbst. Man kann die Bemühungen der Phytotomen neuerer Zeit nicht hoch genug in Anschlag bringen, wenn man bedenkt, wie schwierig es ist, jene Gegenstände in einige Ordnung und in Zusammenhang zu bringen. Wir haben dadurch eine ganz andere Ansicht über die Entstehung der früher so oft als fremdartige Pflanzenorgane betrachteten Theile erhalten, und viel Schönes steht noch von der Zukunft zu erwarten; die Spiralgefäße sind z. B. genetisch auf die einfachen Pflanzenzellen zurückgeführt, für die punktirten (gestippelde) Gefäße, die Gefäßbündel (vezelvaten) und andere Pflanzenorgane ist ebenfalls ihre Entstehung nachgewiesen, und so der Zusammenhang angedeutet zwischen Körpern, deren Bildung früher ganz und gar im Dunkeln lag.

Außer den verschiedenen Zellenreihen, wovon wir später eine kurze Uebersicht geben wollen, hat man bei mehr ausgebildeten Pflanzen ein System von Gefäßen beobachtet, dessen Funktionen auf die chemischen Veränderungen, welche in den Pflanzen vor sich gehen, einen großen Einfluß ausüben. Die Wände dieser Gefäße scheinen aus denselben Stoffen zu bestehen, woraus die Zellenwände geformt sind; dies ist indeß noch nicht mit Sicherheit ausgemacht. Wir kommen später darauf zurück, wenn wir über die Entwickelung der Pflanzenorgane sprechen.

Alle Zellen bestehen, gleichviel welche Form sie besitzen, aus einer weichen dünnen Membran, in der man mit dem Mikroskop keine Oeffnungen entdeckt, welche aber von Flüs-

sigkeiten leicht durchdrungen wird. Gewöhnlich findet sich in dieser Membran keine Struktur, zuweilen entdeckt man spiralförmig fortlaufende Fasern, welche einander sehr nahe und parallel liegen. Nach Meyen *) sollen alle Zellen aus solchen spiralartig verlaufenden und frühzeitig verbundenen und dadurch fast unmerkbar gewordenen Reihen bestehen (siehe Zellentheorie weiter unten).

Die Zellenmembran ist meistens durchscheinend, farblos bei vielen Mono- und Dikotyledonen, gefärbt bei manchen Kryptogamen. Findet man sie bei den Mono- und Dikotyledonen gefärbt, so rührt dies von anderen Stoffen her, welche die Zellen einschließen, oder welche in die Membran selbst eingedrungen sind. Sie ist gewöhnlich äußerst dünn, aber es findet in dieser Beziehung ein Unterschied Statt bei verschiedenen Pflanzen in verschiedenem Alter, und auch bei denselben Pflanzen in verschiedenen Theilen derselben. In der ursprünglichen Zellenmembran lagern sich nämlich bei den meisten Pflanzen Theile ab, welche das dünne Häutchen verstärken; jene nehmen besonders mit dem Alter der Pflanzen zu und zeigen sich bei der Holzbildung am stärksten, wo sie dicht auf einander liegen, in großer Anzahl den hohlen Raum der Zellen füllen und dem Ganzen einen bedeutenden Grad von Härte ertheilen. Bei der Holzbildung findet also Abscheidung eines harten Stoffes Statt, wodurch die Wirksamkeit der Zellen ganz und gar geändert wird. Es muß nämlich jedes Theilchen des heterogenen Stoffes, welcher sich an oder in die Wände des Zellenhäutchens ablagert, dessen Funktion verändern; ferner ist die Masse des abgesonderten Holzstoffs so groß, daß der Durchgang der Flüssigkeiten fast verhindert und die Zellenthätigkeit dadurch fast ganz außer Wirksamkeit gesetzt wird. Aber nicht bloß bei der Holzbildung findet dies Verdicken der Zellen-

*) Pflanzen-Physiologie I. S. 19.

wandungen durch andere und zwar feste, ja selbst harte Stoffe Statt: Hugo Mohl hat es zuerst auch in parenchymatischen Zellen von Hoya carnosa und Banisteria auriculata beobachtet. Dieser die Zellenwandungen verdickende Stoff ist nicht für alle Zellen derselbe. Ich werde mittheilen, was wir bis jetzt darüber wissen, besonders auch, was über den Stoff bekannt ist, woraus das dünne Zellenhäutchen bei allen Pflanzen ohne Unterschied zu bestehen scheint.

In allen Zellenpflanzen sowohl wie in den Gefäßpflanzen kommt ein Stoff vor, den man Cellulose nennt, Pflanzenzellenstoff: ein Stoff, welcher größtentheils die jungen Pflanzentheile bildet, in dem Mark sehr rein vorkommt, aber in dem Holz mehr oder weniger mit einer anderen Substanz verbunden ist, die sich in ihrer Zusammensetzung von der Cellulose unterscheidet; ein Stoff, welcher außer Zellen und was aus Zellen entsteht, noch andere zusammengesetzte Pflanzentheile bilden kann, aber in dieser Beziehung noch nicht genug mikroskopisch untersucht ist. Er ist als Grundstoff der Pflanzenzellen in jedem Fall von großer Wichtigkeit und verdient als Hauptbestandtheil des organischen Reichs den ersten Rang.

Man kann den Pflanzenzellenstoff aus allen Pflanzentheilen ohne Unterschied darstellen, wenn man durch verschiedene Auflösungsmittel alle übrigen fremdartigen Substanzen auszieht. Diese Darstellung ist also sehr einfach.

Der in jungen Pflanzentheilen vorkommende Zellenstoff gehört also zu den Körpern, welche aus den Nahrungsstoffen der Pflanze zuerst gebildet werden. Er kann allein aus einer in Wasser auflöslichen Substanz entstehen, und ohne Zweifel ist es das Dextrin, welches ihn erzeugt und also auch vor ihm existiren muß. Ist der Zellenstoff einmal in irgend einem Pflanzentheile abgesondert, so bleibt er ferner ganz oder größtentheils unverändert und zeigt sich demnach in Pflanzentheilen verschiedenen Alters.

Früher nahm man an, das von allen Beimengungen befreite Holz habe eine constante Zusammensetzung; man nannte jenen Stoff Lignin; Gay-Lussac und Thénard und Prout hatten die Formel: $C_3O_4H_2$ oder in Uebereinstimmung mit der Amylumreihe $C_{12}H_{16}O_8$ gefunden*). Aus zahlreichen Versuchen von Payen scheint indessen zu folgen, daß jene Formel falsch ist und daß der Stoff, welcher die Cellulose in Holz verändert, die Zusammensetzung: $C_{17\frac{1}{2}}H_{24}O_{10}$ haben müßte, während die Cellulose selbst $C_{12}H_{20}O_{10}$ ist.

Aus den Untersuchungen von Payen und aus anderen von Fromberg und E. H. von Baumhauer, deren Resultate ich weiter unten mittheilen will, geht ferner hervor, daß die Formel der Cellulose nicht $C_{12}H_{20}O_{10}$, sondern $C_{24}H_{42}O_{21}$ ist, und also nicht mit der des Amylums, sondern mit der des löslichen Inulins übereinstimmt.

Reine Cellulose erhält man leicht aus dem Hollundermark, aus sehr jungen Wurzeln und anderen jungen Pflanzentheilen. Aus den übrigen Pflanzentheilen bereitet man sie, indem man dieselben zerkleinert und mit Alkohol, Aether, verdünnter Kalilauge, Salzsäure und Wasser auszieht. Darin lösen sich Amylum, Gummi, Fette, Harze, Pflanzenalkalien, Salze, Zucker, aber auch die eigentliche Holzsubstanz. Diese letzte hat Payen infrustirenden Stoff (matière incrustante) genannt. Sie legt sich übrigens nicht bloß auf die Cellulose an, sondern drängt sich auch zwischen ihre Moleküle ein, so daß jene Benennung eigentlich unzweckmäßig ist. Hiervon durch die genannten Auflösungsmittel befreit, erscheint die Cellulose als eine schwammartige Substanz, während sie vorher eine feste und dichte Masse

*) Gay-Lussac und Thénard fanden nämlich in

	Eichenholz.	Buchenholz.	At.	ber.
C	52,54	51,45	3	50,48
H	5,69	5,82	4	5,49
O	41,78	42,73	2	44,03.

darstellt *). Die folgenden Stoffe, auf obige Weise gereinigt, gaben stets mit der Zusammensetzung der Cellulose übereinstimmende Resultate: die ovula von Mandeln, Aepfeln, von Helianthus annuus, ferner Gurkensaft, Parenchym der Gurken, Hollundermark, Mark von Aeschynomene paludosa, Baumwolle, die Spitzen der Wurzelzaser, gut extrahirtes Holz, Blätter von Endivien, von Ailanthus glandulosa, Spiralgefäße von Musa sapientum, Membranen aus dem Innern der Eichen genommen, Cellulose aus den Excrementen einer Kuh (die Kuh war mit Gras von einer Wiese gefüttert), das innere Gewebe der Blätter von Agave americana, Wolle aus dem Samen der Virginischen Pappel, pflanzenartige Membranen, das Skelett eines Wespennestes, Holz von Coniferen (gut ausgezogen), Samenhäute von Phytelephas, gereinigte Flechten, Conferva rivularis, Agaricus edulis, Boletus igniarius, Membranen von Chara, Conferva oscillatoria.

Alle jene Substanzen haben für den durch die genannten Lösungsmittel gereinigten Zellenstoff bei der Analyse Zahlen gegeben, welche der Formel $C_{24}H_{42}O_{21}$ sehr nahe kommen, so daß es als erwiesen angenommen werden kann, daß das Gewebe aller Pflanzen nach der Behandlung mit den genannten Auflösungsmitteln einen Stoff zurückläßt, der für alle identisch ist: einen Stoff, der die Elemente des Wassers und Kohlenstoff enthält, mit Inulin isomer ist; der also möglicher Weise sehr leicht in Amylum und Zucker verwandelt werden und seinerseits eben so leicht aus Dextrin entstehen kann; eine Verwandlung, welche auf nichts Anderem als der Aufnahme oder dem Verlust von Wasser beruht **).

*) Annales des Sc. Nat. Mai 1840. 2e. Sec. p. 305. Der Durchschnitt einer mit Holzsubstanz angefüllten Zelle zeigt verschiedene Schichten (siehe S. 98).

**) Payen (Annales des sciences naturelles, serie 2e Tome II, Botanique

Payen ist überzeugt, daß wirklich eine solche Veränderung möglich ist; von Baumhauer hat diese Ansicht

---

1839, p. 21) ist zur Kenntniß der Cellulose zuerst durch die Untersuchung des Pflanzengewebes im Zustande seiner Entstehung gelangt und hat zu diesen Versuchen die gallertartigen Stoffe angewandt, welche in den nicht befruchteten Keimen von Amygdalus sativa enthalten sind. Eine andere Reihe jüngerer Membrane hat er durch vorsichtiges Abschneiden der Enden von den Wurzelspitzen und den Wurzelzellenhäutchen einiger holz- und krautartigen Pflanzen erhalten; ferner aus jungem Hollundermark, dem Mark von Aeschynomene paludosa und der Baumwolle. Jene Stoffe hat er gereinigt (er sagt indessen nicht, auf welche Weise) und im Vakuum bei 150° bis 180° getrocknet. Die Analyse hat folgende Resultate gegeben:

	ovula von Mandeln	ovula von Aepfeln	ovula von Helianthus annuus	Gurkensaft
C	43,57	44,7	44,1	43,90
H	6,11	6,0	6,2	6,22
O	50,32	49,3	49,7	49,88

	Gewebe der Gurken	Hollundermark	Mark von Aesch. pal.		
C	43,80	43,37	43,2	43,57	43,4
H	6,11	6,04	6,5	6,20	6,3
O	50,10	50,59	50,3	50,23	50,3

	Baumwolle		Spongiola der Wurzelzellen.
C	45,00	44,35	43,00
H	5,22	6,14	6,18
O	48,55	49,51	50,82

Hieraus schloß Payen, daß das eigenthümliche Pflanzengewebe kein Lignin sei; daß das Letzte, aber nicht das Erstere durch Kali, Natron und Salpetersäure angegriffen wird.

Holz auf diese Weise zersetzt, gab ihm nämlich:

	Eichenholz		Buchenholz	
	unverändert	mit Soda behandelt	unverändert	mit Soda behandelt
C	54,44	49,68	54,35	49,40
H	6,24	6,02	6,25	6,13
O	39,32	44,30	39,50	44,47

	Populus tremula		Herminiera elaphroxylon
	mit Soda behandelt	zweimal gewaschen	unverändert.
C	48,00	47,71	47,18
H	6,40	6,42	5,94
O	45,56	45,87	46,88

Hieraus folgt, daß, je mehr Lignin eine Holzart enthält, sie um so reicher an Kohlenstoff ist; die Maxima nähern sich sehr den Resultaten der Analysen des Lignins von Gay-Lussac und Thénard.

Fein zertheiltes Eichen- und Buchenholz wurde von Payen 30 Stunden lang mit einem großen Ueberschuß concentrirter Salpetersäure digerirt,

durch die Untersuchung der Früchte von Phytelephas bestätigt. Durch Schwefelsäure wird nämlich Cellulose in Der=

---

welche den ligninartigen, inkrustirenden Stoff auflöste; das elementare Gewebe, welches ungelöst blieb, wurde mit Natron und darauf mit Wasser ausgewaschen und bei 160° getrocknet. Es gab;

C	43,85
H	5,86
O	50,28

Seine Zusammensetzung kommt also der des oben genannten elementaren Gewebes sehr nahe.

Payen hat ferner, ohne die Details seiner Versuche mitzutheilen, die Zusammensetzung des inkrustirenden Stoffes bestimmt. Er fand dafür die Formel: $C_{17}\frac{1}{2}\ H_{24}\ O_{10}$, während die Cellulose nach ihm die Zusammensetzung $C_{12}\ H_{20}\ O_{10}$ hat. Der inkrustirende Stoff enthält in 100 Theilen

C	53,76
H	6,00
O	40,20

Durch jene chemischen Untersuchungen von Payen sind also die früheren Beobachtungen von H. Mohl constatirt.

Spätere Untersuchungen Payen's (Annales des sc. Nat., Aout, 1840, p. 73, Bot.) haben jene Resultate noch ferner bestätigt.

	Endivienblätter ausgezogen	Dieselben nochmals ausgezogen	Blätter von Ailanthus glandulosa	Membranen aus dem Innern der Eichen
C	45,08	43,40	45,98	44,53
H	6,74	6,12	6,19	6,03
O	48,28	50,38	47,86	49,17

	Spiralgefäße von Musa sapientum	Dieselben mit Alkali ausgez.	Cellulose aus den Excrementen einer Kuh.
C	48,43	43,22	44,92
H	6,91	6,50	6,40
O	44,66	50,28	48,59

	Inneres Gewebe der Blätter von Agave americana	Wolle aus dem Samen der Virginischen Pappel	Pflanzenmembran eines Wespennestes.
C	44,70	44,11	44,15
H	6,39	6,52	6,22
O	48,91	49,37	49.63

	Holz von Coniferen ausgewaschen	Dasselbe länger ausgewaschen	Samenhäute von Phytelephas
C	52,01	44,77	44,14
H	6,33	6,58	6,30
O	41,57	48,65	49,56

	Vereinigte Flechten	Conferva rivularis	Agaricus edulis
C	44,70	44,57	44,52
H	6,21	5,75	6,67
O	49,09	49,68	48,81

trin verwandelt, welche Veränderung es ebenfalls durch den Einfluß der Diastase erleidet und wodurch der Pflanzenzel-

---

	Boletus igniarius	Membranen von Chara	Conferva oscillatoria
C	43,40	43,88	45,34
H	6,11	6,29	6,58
O	50,49	49,83	48,08

Alle jene Stoffe sind gewöhnlich mit Chlor, Salzsäure, Natron oder Kali, auch mit Alkohol und Aether gereinigt. Payen schließt richtig, daß Medullin, Fungin, Lichenin nicht bestehen, sondern gut gereinigt nichts als Cellulose sind.

Fromberg hat jene Versuche wiederholt und alle Resultate von Payen bestätigt. Er hat nämlich (Scheik. orderz. Deel II. p. 52) die folgenden Pflanzentheile mit kaustischem Natron, Salzsäure, Wasser, Alkohol und Aether behandelt und dafür die angegebene Zusammensetzung gefunden. Aus diesen Versuchen ergiebt sich mit positiver Gewißheit die Formel des Pflanzenzellenstoffs als: C_{24} H_{42} O_{21}. Es folgen die Zahlenresultate:

Isländisches Moos, mit Natronlauge ausgezogen (ein Theil auf 10 Theile), darauf mit Wasser und Alkohol ausgewaschen:

C	46,88
H	6,18
O	47,14

Nochmals mit Natron u. s. w. behandelt:

C	45,85
H	6,22
O	47,93

Agaricus albus mit Wasser ausgekocht, mit kohlensaurem Natron, Salzsäure und Alkohol ausgezogen:

C	45,57	45,28
H	6,29	6,27
O	48,14	48,45

Nochmals mit Natron, Salzsäure und Alkohol behandelt:

C	43,77	44,09	43.95
H	5,90	6,25	6,21
O	55,33	49,66	49,84

Rüben einmal extrahirt:

C	46,26
H	6,29
O	47,45

Rüben zweimal extrahirt:

C	43,95	44,29
H	6,13	6,03
O	49,92	49,68

Weißer Kohl einmal extrahirt:

C	46,87	46,73
H	6,02	6,13
O	47,11	47,14

Weißer Kohl zweimal extrahirt:

C	43,43
H	6,26
O	50,31

Endivien einmal extrahirt:

C	48,60
H	6,44
O	44,96

Endivien zweimal extrahirt:

44,73
6,09
49,18

lenstoff sich erstens als ein mit Amylum, Dextrin, Gummi und Zucker nahe verwandter Stoff zeigt, welcher jene im

Alle jene Resultate von den gehörig gereinigten Stoffen entsprechen folgender Formel:

	At.	ber.
C	24	43,70
H	42	6,25
O	21	50,05

Dies ist die Zusammensetzung des im Wasser löslichen Inulins.

Payen hat von Brogniart eine Frucht von Phytelephas erhalten und untersucht. Annales des sc. Nat. Bot. Aout, 1840, p. 82. Dünne Scheiben unter dem Mikroskop betrachtet, ließen ein dickes Zellengewebe, ölartige Tröpfchen und albuminöse Körnchen sehen; er hat das Pulver mit Ammoniak, Essigsäure, Wasser, Alkohol und Aether ausgewaschen. Er fand alle Theile der Frucht homogen, ließ Stückchen davon durch Natron erweichen und auslaugen, wusch sie und ließ sie sich mit einer Jodlösung sättigen (contraheren), wodurch die polyedrische Gestalt der äußersten Zellenmembran, welche man vorher nicht unterscheiden konnte, sichtbar wurde. Er glaubt, daß in der Frucht außer Cellulose noch Albumin und zwei andere stickstoffhaltige Stoffe, Kieselerde, zwei fette Körper und Salze vorkommen. Durch die obigen Lösungsmittel von jenen Substanzen befreit, gab ihm die Cellulose bei 125° getrocknet:

C	44,14
H	6,30
O	49,56

Durch Schwefelsäure wurde sie in Dextrin, durch Salpetersäure in Xyloidin verwandelt.

Auch E. F. von Baumhauer hat diese Versuche wiederholt und noch weiter ausgedehnt. (Scheik. Onderz., Deel II.) Die Früchte von Phytelephas hatte ich vom Dr. Miquel erhalten.

Diese Untersuchung hat ergeben, daß die Früchte von Phytelephas nur mit Aether, Alkohol und Wasser extrahirt, sich in ihrer Zusammensetzung nicht von reiner Cellulose unterscheiden und keine Spur Stickstoff geben:

	gef.	At.	ber.
C	44,39	24	43,71
H	6,22	42	6,24
O	49,39	21	50,05

Die obige Substanz mit concentrirter Essigsäure und darauf mit Wasser und Alkohol behandelt, gab:

C	43,57
H	6,27
O	50,16

Darauf mit Ammoniak ausgezogen:

C	43,65
H	6,31
O	50,04

Das Pulver von Phytelephas mit Alkohol und Aether behandelt wurde einige Tage mit Natronlauge digerirt. Der gut ausgewaschene Rückstand gab:

C	45,73
H	6,32
O	47,95

Pflanzenreich erzeugt, oder von einem derselben, dem Dextrin, ohne Zweifel gebildet wird, und wodurch er auch zweitens sich als einen für den thierischen Organismus höchst wichtigen Stoff darstellt. Daraus erklärt sich zum Wenigsten die ernährende Eigenschaft junger Pflanzen für die Thiere und den Menschen und auch solcher Pflanzen, bei denen durch Mittheilung gewisser krankhafter Zustände die Verdickung der Cellulose durch die Holzsubstanz verhindert wird, wie es z. B. bei unseren Gartengewächsen, Salat, Endivien u. s. w. geschieht. Die Cellulose solcher Pflanzen, welche so leicht in Dextrin verändert wird, kann also gleich dem Amy-

---

Beim Erwärmen mit Natron hatte sich die Masse gefärbt und der Kohlenstoffgehalt zugenommen. Von Baumhauer behandelte daher das feine Pulver von Phytelephas viele Tage lang in der Kälte mit starker Kalilauge, und behielt dadurch den Stoff selbst so wie die Auflösung farblos. Für ersteren bekam er:

C	43,63
H	6,30
O	50,07

Aus der klaren alkalischen Lösung wurde durch Sättigen mit Essigsäure und Fällen mit essigsaurem Blei ein Stoff erhalten, welcher gab:

C	44,08
H	5,93
O	49,99

Die beiden letzten Analysen geben die Zusammensetzung des Inulins im auflöslichen Zustande.

Wir sehen hieraus, daß die Früchte von Phytelephas ganz und gar in ihrer Zusammensetzung dem löslichen Inulin gleich sind, und daß daraus ein Alkali in der Kälte einen unauflöslichen und löslichen Stoff scheidet, welche beide wieder die Zusammensetzung des löslichen Inulins haben. Es ist noch nicht bekannt, was für ein Stoff der auflösliche ist; dies verdient besonders untersucht zu werden. Ist es eine Amylumart, was wahrscheinlich ist, so erklären diese Versuche vollkommen die Bildung von Amylum aus Cellulose durch ein Alkali, was im aufgelösten Zustande durch die Pflanze geführt wird.

Nach neueren Versuchen von Connel (Pharm. Centralbl. Nr. 14. 1844.) besteht die Frucht von Phytelephas macrocarpa aus:

Holzfaser (Cellulose)	81,34
Gummi	6,73
Legumin	3,8
Eiweiß	0,42
Fett	0,73
Asche	0,61
Wasser	9,37

lum mit Recht zu den für die Unterhaltung der thierischen Lebensfunktionen höchst wichtigen Stoffen gezählt werden. Autenrieth hat Schweine mit Mehl und Sägespänen gemästet; Hartig hat nachgewiesen, daß manche Holzarten im Winter Amylum enthalten; die Champignons bestehen großentheils aus Cellulose.

Aus den angeführten interessanten Thatsachen folgt ferner, daß, da die Cellulose vollkommen ausgebildet, und zwar am reinsten in den jungen Pflanzentheilen, vorkommt, sie mit dem Protein zu den ersten Produkten aus den Pflanzennahrungsstoffen gehört, und daß aus ihr (der Cellulose) oder aus ganz auf gleiche Weise gebildeten Pflanzenstoffen, namentlich aus einer in Wasser löslichen Substanz (Dextrin) Amylum, Gummi und Zucker gebildet werden. Es findet sich in sehr vielen, besonders in den jungen Pflanzentheilen Amylum, und namentlich in den Flechten (Pflanzen, welche hauptsächlich aus Cellulose bestehen) in großer Menge. In manchen Früchten, welche reich an Cellulose sind, ist sehr viel Zucker enthalten.

Die Cellulose kann ganz einfach durch Veränderung ihrer physikalischen Beschaffenheit und der Gruppirung ihrer Atome in jene Stoffe übergehen; die chemische Zusammensetzung ist bei allen ziemlich übereinstimmend. Umgekehrt sehen wir unser zuckerhaltiges Obst mehlig werden, wenn es den Winter über aufbewahrt wird; eine Veränderung, wobei sich der Zucker rückwärts in Pflanzenzellenstoff umsetzt.

Von diesem Gesichtspunkte aus lassen sich die Zellenpflanzen vorzugsweise zusammengesetzt denken aus der Verbindung: $C_{12}H_{18}O_9$ + einer verschiedenen Quantität Wasser und aus Proteinverbindungen, während die Gefäßpflanzen außerdem noch die sogenannten inkrustirenden Stoffe, d. i. die eigentliche holzbildende Substanz, enthalten. Diese zusammen sind die wichtigsten Pflanzenbestandtheile; man findet sie überall in allen Pflanzenorganen. Während der Thier-

körper besonders aus Proteinverbindungen und der Leimsubstanz besteht, sind die Pflanzen vorzugsweise aus Protein und Cellulose gebildet. Die Cellulose ist für die Pflanzen, was der Leimstoff für die Thiere ist: beide bilden die Zellen der beiden Reiche. In diesen Zellen sind bei den Thieren wie bei den Pflanzen Proteinverbindungen als feste Theilchen enthalten, oder sie sind in den Flüssigkeiten aufgelöst, welche das Ganze durchdringen. Bei den Pflanzen werden die Zellenwände durch die Holzsubstanz verdickt, bei den Thieren scheiden sich in den Zellen Fette und andere Stoffe ab. Bei den Thieren wie bei den Pflanzen ist der Zellenstoff ein Hauptverbindungsmittel aller anderen vorkommenden Organe.

So wichtig die angeführten Thatsachen für die Kenntniß der chemischen Zusammensetzung eines der Hauptbestandtheile des Pflanzenreichs sind, so bleibt uns doch in dieser Hinsicht noch Manches zu erforschen und aufzuklären übrig.

Wenn wir nämlich verschiedene Pflanzentheile mit Lösungsmitteln behandeln, um die Cellulose rein zu erhalten, so ziehen wir mit den verschiedenen Agentien verschiedene Stoffe aus. Es ist die Frage: welche Gewebe behalten wir zurück? In allen Fällen bloß die ursprüngliche Zellensubstanz, welche in den jungen Pflanzentheilen zuerst gebildet ist und die Pflanzenzellen ausmachte? Was ist aus allen den Pflanzenorganen, welche nicht mehr aus Cellulose bestehen, unter dem Einfluß jener Agentien geworden; sind sie aufgelöst? Beide Fragen lassen sich mit Bestimmtheit beantworten. Die jüngsten Pflanzentheile, welche aus Cellulose und Protein bestehen, hinterlassen nach Entfernung des letzteren denselben Stoff, welcher zurückbleibt, wenn Holz, mit einem Worte: alle anderen Pflanzentheile mit Alkalien und Säuren ausgezogen werden. Was ist von den Stoffen, welche die Zellenwände in dem Holze verdicken, aufgelöst? Ohne Zweifel Alles.

Um übrigens über die Zusammensetzung jener sogenannten inkrustirenden Substanz Gewißheit zu erhalten, kann man die aufgelösten Stoffe nicht wohl niederschlagen und analysiren, weil, wie aus den Versuchen von von Baumhauer (siehe die Note S. 204) hervorgeht und wie auch Fromberg fand, die Cellulose durchaus nicht unauflöslich in Alkalien ist. Durch das Ausziehen jener Stoffe mit Natron vermindert sich die Quantität der Cellulose immer mehr, so daß man sich dieselbe keineswegs als unauflöslich, aber als weniger auflöslich als die inkrustirende Substanz zu denken hat. Die Zusammensetzung des inkrustirenden Stoffes, besonders wo er mit Cellulose in dem Holze vorkommt, kann deshalb, so wie sie von Payen angegeben ist, nämlich $C_{17\frac{1}{2}}H_{24}O_{10}$, unmöglich richtig sein, wenn er die durch Fällung aus der alkalischen Lösung erhaltenen Stoffe der Analyse unterworfen hat. Der Kohlenstoffgehalt jenes sogenannten inkrustirenden Stoffes muß viel höher ausfallen, wenn man erwägt, daß man von viel Holz äußerst wenig Cellulose übrig behält, und die Zusammensetzung des Holzes und der Cellulose mit einander vergleicht.

Es bleiben also noch einige Punkte zu untersuchen übrig. Vorzüglich wichtig wäre es zu bestimmen, welcher Art der Stoff ist, welcher aus Cellulose durch Behandlung mit Alkalien in der Kälte löslich gemacht wird und welcher mit Cellulose und dem Inulin nach von Baumhauer gleiche Zusammensetzung hat (siehe die Note zu Phytelephas).

Was wir indessen bis jetzt über den Pflanzenzellenstoff wissen, mag als ein werthvoller Beitrag zur physiologischen Chemie angesehen werden, weshalb man die Entdeckung von Payen eine der schönsten nennen kann, welche in der letzten Zeit auf dem Gebiete der Phytochemie gemacht ist.

Die sogenannte inkrustirende Substanz abzusondern, hat, wie wir sahen, seine Schwierigkeiten. Zahlreiche Versuche sind

angestellt, die Zusammensetzung des Holzes zu bestimmen, aber mit wenig Glück. Petersen und Schoedler haben eine Menge Analysen von verschiedenen Holzarten gemacht *), aber immer zu wenig Kohlenstoff erhalten. Die Analysen von Gay-Lussac und Thénard haben zu wenig Wasserstoff gegeben, so daß man die oben (S. 199) angeführte Formel für das Holz $C_{12}H_{16}O_8$ als unrichtig verwerfen muß. Fromberg analysirte zwei Papiersorten und fand ihre Zusammensetzung gleich der der Cellulose **) und nicht mit der des Holzes übereinstimmend.

Von Baumhauer und Fromberg haben durch eine Reihe von Versuchen für Holz die Formel: $C_{64}H_{88}O_{39}$ festgestellt †). Diese Formel ist besonders aus der Analyse von der harten Samenhülle des Steinobstes abgeleitet.

Ziehen wir davon die Formel der Cellulose ab, so finden wir für die der inkrustirenden Substanz:

	C	H	O
Holz	64	88	39
Cellulose	24	42	21
inkrustirender Stoff	40	46	18.

Diese Formel direct zu finden, war unmöglich. Stark verdünnte Alkalien verwandeln den inkrustirenden oder holzbildenden Stoff in Ulminsäure, welche durch eine Säure aus der alkalischen Lösung niedergeschlagen werden kann. Ulminsäure ist es, was Peligot früher gefunden ††), aber deren

*) Annalen der Pharmacie, Bd. 17. S. 142.

**) Scheik. Onderz., Deel II.

†) Scheik. Onderz., Deel II. Das Mittel aus mehreren Analysen des Holzes hat folgende Zusammensetzung gegeben:

	gef.	At.	ber.
C	52,5	64	52,38
H	5,9	88	5,88
O	41,6	39	41,74.

††) Comptes Rendus, 22. Juillet 1839.

Zusammensetzung er nicht erkannt hat. Es ist dieselbe Substanz, welche durch eine verdünnte Säure aus Zucker gebildet wird, nämlich: $C_{40}H_{28}O_{12}$ *); sie entsteht auch aus dem Holz durch eine sehr verdünnte Kalilauge in gewöhnlicher Temperatur, und es ist demnach die Frage, welcher Stoff zu ihrem Entstehen Veranlassung giebt. Die Cellulose, welche unter diesen Umständen so viel schwieriger angegriffen wird, wahrscheinlich nicht; aber gewiß hauptsächlich die sogenannte inkrustirende holzbildende Substanz. Ihre leichte Umsetzung in Ulminsäure ist sehr wichtig. Luft und Feuchtigkeit wirken in gleicher Weise in noch höherem Maaße auf Holz ein. Es ist die inkrustirende Substanz, welche fault oder vermodert, während die Cellulose sich lange unverändert erhält (Fäulniß des Flachses).

Die Veränderungen, welche die inkrustirende Substanz bei der Fäulniß erleidet, in Ulminsäure und darauf in Humin-, Geïn-, Quellsatzsäure und Quellsäure (S. 163) läßt sich folgendermaßen vorstellen:

	C	H	O
inkrustirender Stoff	40	46	18
3 Aeq. Sauerstoff aus der Luft			3
	40	46	21
9 Aeq. Wasser		18	9
1 Aeq. Ulminsäure	40	28	12
	40	46	21.

Wenn der inkrustirende Stoff aus der Cellulose selbst entsteht oder aus Dextrin, d. h. aus einem durch die Pflanzenzellen geführten allgemeinen Nahrungsstoff, sowohl der Cellulose als auch den Amylum-, Zucker- und Gummiarten, so muß bei der Holzbildung Sauerstoff frei werden, oder es

*) Fromberg, Scheik. Onderz., Deel II. Siehe auch oben S. 160.

müssen Verbindungen entstehen, welche sauerstoffreicher sind als die Cellulose. Nehmen wir an, daß aus der Cellulose selbst der inkrustirende Stoff gebildet wird, so geschieht dies auf folgende Weise:

	C	H	O
2 Aeq. Cellulose	48	84	42
1 Aeq. inkrustirende Substanz	40	46	18
	8	38	24.

Neben einer geringen Anzahl Kohlenstoffatome bleibt eine große Menge Wasserstoff- und Sauerstoffatome übrig; der Sauerstoff kann entweichen oder zur Bildung anderer Produkte Veranlassung geben.

Die Holzbildung in den Pflanzen ist ein allgemeiner Vorgang, welcher selbst in den krautartigen Pflanzen nicht fehlt. Es wird dabei, wenn das Holz aus keinem andern als einem allgemeinen Pflanzenstoff entsteht, d. h. aus einer Verbindung, welche Kohlenstoff und Wasser enthält, stets Sauerstoff frei, welcher hie und da entweicht. Aber trifft dieser Sauerstoff oxydationsfähige Substanzen, so kann eine neue Reihe sauerstoffreicher Produkte entstehen. Auf diese Weise bildet sich vielleicht die Oxalsäure, nämlich durch Oxydation des Zuckers, z. B. im Sauerklee auf Kosten des bei der Holzbildung frei gewordenen Sauerstoffs, gleich wie sie künstlich aus Zucker durch Salpetersäure dargestellt wird. Ebenso werden vielleicht in anderen Pflanzen andere sauerstoffreiche Verbindungen erzeugt (siehe Entwickelung des Sauerstoffs durch die Pflanzen). Die Erzeugung eines allgemeinen Stoffes in den Pflanzen, welcher sauerstoffärmer ist als ein anderer, woraus er entstanden ist, muß hier die Bildung von diesem, dort von jenem sauerstoffreichen Körper veranlassen, je nachdem die Stoffe und die Umstände verschieden sind.

Was endlich die Verwandlung des Holzes durch Schwe-

felsäure in Dextrin und Zucker betrifft, so beschränkt sich dieselbe allein auf die Cellulose, die es enthält, worin Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältniß, um Wasser zu bilden, vorkommt; die inkrustirende Substanz kann kein Dextrin und Zucker liefern. Es ist unbekannt, was daraus unter dem Einfluß von Säuren wird, die bisherigen Annahmen sind in jedem Falle für unbegründet zu halten.

In Betreff der chemischen Eigenschaften der Zellenmembranen, welche, wie sie sich in der Pflanze finden, sicher nicht ganz, aber doch großentheils aus Cellulose bestehen, ist noch zu bemerken, daß in den allerjüngsten immer Protein vorkommt, und daß dieses, obgleich es später wieder aufgelöst und fortgeführt werden kann, für die Zellenbildung der Pflanzen unentbehrlich zu sein scheint. Payen fand in den jüngsten Theilen der Wurzeln stets einen stickstoffhaltigen Körper, und eine einfache Digestion desselben mit einem verdünnten Alkali liefert uns Proteinverbindungen.

Ebenso nothwendig, wie die Cellulose zur Zellenbildung, scheint auch das Protein zu sein. Da aber das letzte später aus den Zellen ganz oder großentheils verschwindet, so scheint es durch die Pflanzensäfte aufgelöst, anderen Pflanzentheilen zugeführt und dort zu anderen Zwecken verwandt zu werden.

Eine andere bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit der Zellenmembran ist, daß, obgleich aus Cellulose zusammengesetzt, sie doch verschiedene chemische Zustände annehmen kann.

Mohl und Schleiden *) haben gefunden, daß die Zellenmembran mancher Pflanzentheile durch Jod blau gefärbt wird, als wenn sie Amylum enthielte. Der Embryo von Schotia speciosa, die Zellen der Cotyledonen von Tropaeolum majus, hybridum und minus, und noch viele andere Pflanzen gaben mit Jod eine starke blaue Reaktion.

Obgleich die Reaction des Jods auf die Zellenmembran

*) Flora 1840, p. 609 und 737.

nicht für entscheidend gehalten werden kann, so ist sie doch in Betracht des Verhaltens der Stärke gegen Jod zu wichtig, um hier übergangen zu werden. Sie führt zu dem Schluß, daß die in der Zusammensetzung dem Amylum so nahe stehende Cellulose manchmal wirklich eine Umsetzung zu Amylum erleidet, aber doch noch die Form der Zellenmembran behält (siehe Moosstärke) *).

Ueber die Zusammensetzung der verschiedenen Pflanzenorgane sind wir noch im Unklaren. Reade hat zwar zu beweisen gesucht †), daß die Spiralgefäße und das Zellengewebe sehr verschiedene Zusammensetzung haben, aber seine Analysen tragen den Stempel der Ungenauigkeit und Unrichtigkeit. Mitscherlich hat indessen von drei Organen Analysen gemacht und 45,98 Kohlenstoff im Flachs, 48,88 Kohlenstoff in den reinen Spiralgefäßen des Pisang und 50,65 Kohlenstoff in dem Zellengewebe der innersten Theile des Hollundermarks und in allen Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältniß, um Wasser zu bilden, gefunden. Aber es sind dieser Analysen zu wenige, um daraus einen Schluß zu ziehen. Wir sind darüber noch ganz im Dunkeln. Die Schwierigkeit, die Organe rein zu bekommen, darf indessen von einer solchen Untersuchung nicht abschrecken. Man irrt, wenn man glaubt, daß wir seit der Entdeckung der Cellulose eine genaue chemische Kenntniß der Pflanzenorgane besitzen; im Gegentheil ist noch Alles zu thun übrig, um zu einer genügenden Kenntniß der Pflanzenfunktionen, abgeleitet aus der chemischen Natur der Stoffe, zu gelangen. Bei der Digestion von Pflanzentheilen mit einem Alkali erhält man mancherlei Substanzen, welche einen constanten Kohlenstoffgehalt von etwa 46 % besitzen und dessen Kohlenstoff dem-

*) Die Zellenmembran der Hefezellen ist $C_{12}H_{20}O_{10}$, und nicht $C_{24}H_{42}O_{21}$. (S. Hefe.)

†) London and Edinburgh Phil. Maj. 1837, p. 418.

nach nicht schwer zu dem der Cellulose zurückzubringen ist. Es scheint also ein inniger Zusammenhang zwischen der Cellulose und einem andern mehr kohlenstoffhaltigen Stoffe zu bestehen, welcher Beachtung verdient. Alles endlich inkrustirende Substanz zu nennen, was den Kohlenstoff der Cellulose erhöht, scheint mir aus vielen Gründen unzulässig.

Stärkearten.

Mit dem Pflanzenzellenstoff in der Zusammensetzung und den Eigenschaften sehr nahe verwandt ist ein unter drei verschiedenen Formen allbekannter Stoff, die Stärke. Sie ist ohne Zweifel ein Produkt des Dextrins oder der Cellulose und gehört also nicht zu den primitiven, sondern zu den sekundären Gebilden. Wegen ihres Einflusses auf die Funktionen der Pflanzen und ihrer allgemeinen Verbreitung in dem Pflanzenreiche gebührt ihr hier eine Stelle.

Die drei Modifikationen der Stärke sind: das Amylum oder das gewöhnliche Stärkemehl, die Moosstärke und das Inulin. Ersteres ist ein Uebergangsstoff vom Dextrin zur Cellulose, die Moosstärke vom Amylum zum Dextrin, das Inulin vom Amylum zum Zucker. Die beiden letzten füllen also die Lücken in der Reihe der vier Hauptstoffe: Cellulose, Amylum, Dextrin und Zucker, und erleichtern den Uebergang der einen Substanz in die andere.

Gewöhnliche Stärke. Wie bei der holzbildenden Substanz, welche die Zellenmembran in Holz verwandelt, so finden wir auch eine Juxtaposition bei den mannigfach im Pflanzenreiche vorkommenden körnigen Körperchen, welche in der letzten Zeit die Botaniker und Chemiker so sehr beschäftigt haben und welche lange zu bedeutenden Streitigkeiten Veranlassung gaben.

Leeuvenhoek hat in dieser Beziehung eine Beobachtung gemacht, welche von vielen französischen Chemikern

wiederholt und erweitert ist, von einigen angegriffen, von anderen nachdrücklich vertheidigt wurde. Er fand nämlich *), daß Amylumkörnchen, wenn sie unter Wasser erhitzt werden, verschwinden und nichts als Häutchen zurücklassen. Dieselben Häutchen fand er in den Excrementen der Vögel, welche von Körnern leben, und zog aus beiden Beobachtungen den Schluß, daß das Amylum aus einem Kern besteht, welcher den Nahrungsstoff enthält, und aus einer nicht nährenden unlöslichen äußeren Hülle.

Erst im Jahre 1812 ist diese Untersuchung von Villars wiederholt und später von Raspail weiter ausgedehnt.

Payen und Persoz **) haben indessen durch viele Versuche bewiesen, daß das Amylum aus 0,995 eines ganz und gar in Wasser unlöslichen Stoffes besteht. Dadurch war die frühere Ansicht widerlegt, daß ein auflöslicher, wie Gummi sich verhaltender Stoff in Amylum enthalten sei, und die homogene Beschaffenheit der Amylumkörnchen erwiesen, welche aus auf einander gelagerten concentrischen Schichten zu bestehen scheinen; eine Thatsache, welche nachher durch Fritsche †) und Andere vollkommen bestätigt ist. Durch verschiedene Reactionen bewies Payen ††), daß die inneren und äußeren Theile des Amylums sich absolut auf dieselbe Weise verhalten und daß sie mit Wasser, Jod, Diastase und Säuren dieselben Produkte liefern. Er entwarf eine Zeichnung der Amylumkörnchen, wie sie sich unter dem Einfluß des Drucks und der genannten Reactionsmittel verhalten, und ließ über die einförmige Zusammensetzung derselben kei-

---

*) Eine ausführliche Literatur des Amylums findet man bei Payen in den Annales des Sc. Nat. Juillet 1838, p. 8 en Aout p. 65 und bei Cop, Dissertatio, continens quaedam de Amylo. Dordraci 1841.

**) Annales de Ch. et de Phys. 1833, Tom. 53, p. 73; Tom. 56, p. 337.

†) Poggendorff's Annalen, Bd. 32, S. 129.

††) Annales des Sc. Nat. 1838, Aout p. 69.

nen Zweifel übrig. Es steht also fest, daß die Amylumkörnchen in allen ihren Theilen, welche aus concentrisch auf einander liegenden, in kaltem Wasser unauflöslichen Schichten zusammengesetzt sind, aus einem homogenen Stoff bestehen. Die Form der Körnchen ist in allen Fällen rund oder oval, wo sie in einer Flüssigkeit frei gebildet werden oder eine Zelle nicht ganz anfüllen. Ist dies aber der Fall, so werden sie polyedrisch und nehmen in verschiedenen Pflanzen verschiedene Gestalten an, je nachdem sie unter verschiedenen Verhältnissen entstanden sind. Sie kommen in den meisten Pflanzentheilen vor und fügen sich nach der Form der Zellen, in denen sie abgesondert liegen.

In gewöhnlicher Temperatur bindet das Amylum eine bedeutende Menge Wasser und verliert dies erst nach lange fortgesetztem Trocknen. Bei 20° in der Luft enthält es 18 % oder 4 Aeq.; bei 20° im trocknen luftleeren Raume 9,92 % oder 2 Aeq.; zwischen 100° und 140° besteht es aus $C_{12}H_{20}O_{10}$. Payen ist der Ansicht *), daß es in seinen Verbindungen mit Basen, z. B. Bleioxyd, aus $C_{12}H_{18}O_9$ besteht; aber dies hat sich nicht bestätigt. Seine Formel ist auch in der Bleiverbindung: $C_{12}H_{20}O_{10}$ **). Bis 200° er-

*) Ann. des Sc. Nat. Aout II.

**) Nach Payen hat Bleiamylat, bei 180° getrocknet, folgende Zusammensetzung (Annales de Ch. et de Phys. Tom. 65, p. 253):

	gef.	At.	ber.
C	19,66	12	19,45
H	2,37	18	2,38
O	19,07	9	19,17
PbO	58,90	2	59,00

Kartoffelstärke bei 100° und bei 145° getrocknet gab ihm:

	100°	145°
C	43,81	45,69
H	6,10	6,37
O	50,09	47,94

Hieraus scheint hervorzugehen, daß Amylum bei 100° nicht völlig getrocknet werden kann. Berzelius hat indessen bei 100° getrocknete Stärke analysirt und folgende Zahlen erhalten:

	gef.	At.	ber.
C	44,25	12	44,91
H	6,67	20	6,11
O	49,08	10	48,98

hitzt, färbt es sich gelb und ist dann zum großen Theile im kalten Wasser löslich geworden. Wird derselbe Versuch mit wasserhaltigem Amylum in einem hermetisch verschlossenen Rohre angestellt, so erhält man es bei 200° durch den Einfluß des heißen Wasserdampfes vollkommen geschmolzen. — Mit Wasser erhitzt, beginnt es bei 72° Kleister zu bilden, dessen Zusammenhang bei stärkerem Erhitzen bis 100° zunimmt. Dabei dehnen sich die Amylumtheilchen bedeutend aus und gehen durch die Poren eines Filters. Die Spitzen der Wurzelzasern sind indessen nicht im Stande, Amylumtheilchen zu assimiliren. Junge Pflänzchen, in eine Stärkelösung gebracht, nehmen das Wasser daraus auf und präci-

---

Obgleich hieraus folgt, daß Amylum bei 100° wirklich C_{12} H_{20} O_{10} ist, so war doch bei dem fortgesetzten Streit über Amylum, Gummi und Zucker und bei der nachdrücklichen Behauptung, daß alle jene Körper durch 2 At. Bleioxyd 2 At. Wasser verlören, eine Wiederholung der Analyse der bei 140° getrockneten Stärke nicht überflüssig. Sie hat mir gegeben (Bulletin 1838, p. 40):

C	44,47
H	6,28
O	49,25

und also C_{12} H_{20} O_{10}.

3,101 Th. Amylum bei 100° getrocknet und darauf bis 180° verloren Nichts an Gewicht.

1,467 Th. Amylum bei 130° getrocknet, wurden durch warmes Wasser in Kleister verwandelt, und darauf mit 3,114 Th. bis 130° erhitztem Bleioxyd vermischt, bei 140° und endlich im trocknen luftleeren Raume bei 180° getrocknet. Vor dem Versuch hatte man:

Vor dem Versuch		Nach dem Versuch
Bleioxyd 1,467	4,581	
Amylum 3,114		4,579.

Das Amylum hat also bei 100° und 145° getrocknet und in der Bleiverbindung die Formel: $C_{12}H_{20}$ O_{10}.

Wenn also aus Cellulose Amylum entsteht, so muß außer einer Umsetzung der Moleküle auch Abscheidung von $1/2$ Aeq. Wasser Statt finden, und umgekehrt bei der Bildung der Cellulose aus Stärke Aufnahme derselben Menge.

Die Anomalie, daß 2 At. Bleioxyd nicht 2 At. Wasser in der Stärke ersetzen, verdient besondere Beachtung; aber dieser Anomalie wegen kann man doch die Thatsachen nicht anders interpretiren, als sie wirklich sind. Wahrscheinlich verliert das Amylum das letzte Aeq. Wasser unter dem Einfluß von Bleioxyd erst bei der Temperatur, wobei es selbst zersetzt wird. Daß dies letzte Aeq. Wasser weit über 100° hinaus in der Bleiverbindung zurückgehalten werden kann, sehen wir beim Zucker. (S. die Note bei Zucker.)

pitiren die Amylumtheilchen an der Oberfläche der Wurzelzasern. Die Volumenvergrößerung der Amylumkörnchen erfolgt besonders und dann schon in gewöhnlicher Temperatur, wenn man dem Wasser eine geringe Quantität Alkali zugesetzt hat; ferner, obgleich in geringerem Maaße, durch verdünnte Schwefelsäure.

Verdünnte Säuren verwandeln die Stärke bei einer höheren Temperatur in Humin und Huminsäure; rauchende Salpetersäure in Xyloidin, welches nach Buys Ballot $C_{15}H_{24}N_2O_{16}$ ist, und nach folgendem Schema entsteht:

$$5\ (C_{12}H_{20}O_{10}) - 2\ H_2O + 4\ N_2O_4 = 4\ (C_{15}H_{24}N_2O_{16}).$$

Jod verbindet sich damit nach Lassaigne in einem bestimmten Verhältniß und bildet einen eigenthümlichen blau gefärbten Körper; man bedient sich dieser Reaction, um Spuren von Stärke zu entdecken. Jene Verbindung wird bei einer Temperatur von 66° farblos und färbt sich wieder beim Erkalten. Nicht in Kleister veränderte Stärkekörnchen färben sich ebenfalls; Jod ist daher bei mikroskopischen Untersuchungen ein unentbehrliches, obgleich nach Payen *) nicht immer sicheres Reactionsmittel. 10 Aeq. Amylum nehmen nach Payen als Maximum 1 Aeq. Jod auf, und diese Verbindung soll keine chemische sein, sondern, sowie die Farbstoffe bei dem Färben vom Kattun von dem Gewebe angezogen werden, durch molekulare Anziehung zu Stande kommen. Nach Payen's Ansicht verbindet sich eine Gruppe Amylummolekule physikalisch, capillär mit einem Molekül Jod, und dadurch erklärt er, daß Alkohol und andere Körper, welche Jod auflösen können, den Jodgehalt der Amylumverbindung vermindern: in der That eine Annäherung zwischen der physikalischen und chemischen Anziehung, welche Beachtung verdient.

Es ist bemerkenswerth, daß die Amylumkörnchen in den

---

*) Ann. des Sc. Nat. Aout 1838, p. 114. Siehe S. 212 oben.

verschiedensten Pflanzentheilen vorkommen und unter dem Einfluß der Vegetation wieder verschwinden können, d. h. aufgelöst und durch die Pflanzensäfte andern Theilen zugeführt werden, um daselbst neue Stoffe zu erzeugen. Diese Thatsache ist um so interessanter, weil Cellulose, oder der zuerst erzeugte feste Pflanzenbestandtheil mit Amylum fast gleiche Zusammensetzung hat, ebenfalls hie und da aufgelöst wird und also unter gewissen Verhältnissen, nachdem sie zuerst in Dextrin umgewandelt ist, in aufgelöster Form als Pflanzensaft, zur Bildung von Amylum Gelegenheit giebt, während letzteres seinerseits sich wieder in andere Stoffe verwandelt.

Junge Pflanzentheile, die Spitzen der Wurzelzasern und die jungen Sprößlinge enthalten nach Payen *) kein Amylum, sondern Cellulose und proteinartige Stoffe. Das Amylum entsteht also erst, nachdem die Theile, worin es sich ablagert, eine gewisse Entwickelung erhalten haben und wenn die aufgenommenen Nahrungsstoffe zur Bildung der ersten nothwendigen Bestandtheile nicht sämmtlich verbraucht werden. Payen fand die Amylumkörnchen weder in den Gefäßen, noch in den Intercellulargängen, der Epidermis und den nahe liegenden Zellen; wenn davon etwas vorkommt, so ist es in der Form von aufgelöstem Amylum oder von anderen daraus entstandenen Stoffen.

Es ist ferner bemerkenswerth, daß man in den Zwiebeln, deren Schuppen sehr reich an Amylum sind, wenig oder gar nichts mehr davon findet, wenn sie dem Lichte ausgesetzt waren. Das Licht vernichtet also die Stärke, d. h. es veranlaßt die Bildung anderer Stoffe (siehe Chlorophyll). Dies erklärt, warum in den Pflanzentheilen über der Erde sich weit weniger Stärke findet als in den Wurzeln, Knollen u. s. w. und daß ihr Vorkommen in den Stengeln der Pflan-

*) Ann. des Sc. Nat., Oct. 1838, p. 202.

zen sich besonders auf das Mark derselben beschränkt. Bei den Caktus-Arten findet man die Körner um so größer, je weiter man in das Innere der Blätter eindringt (Payen).

Daß die Amylumkörnchen aus den Pflanzensäften entstehen und daß ihre Rudimente erst flüssig sind, folgt aus der Bildungsweise fester organischer Stoffe im Allgemeinen. Die Gestalt des ersten Amylumkörnchens muß daher sphärisch sein, ein Kügelchen, welches sich frei in einer Flüssigkeit bewegt und worauf sich die gelösten Amylumelemente als dünne Lamellen in concentrischen Schichten fortwährend absetzen. Jedes Körnchen ist indessen durch ein Etwas an die Wände der umschließenden Zelle befestigt, durch ein Organ, über dessen Funktion noch Nichts bekannt ist. Je freier also das Körnchen in den Säften sich bewegen kann, um so größer muß es werden; was in der That auch geschieht, indem die saftreichen Pflanzentheile größere Körner besitzen als die trockneren (Payen). Daher kommt es auch, daß sie verschiedene Formen, polyedrische Gestalten annehmen, wenn viele in einer Zelle angehäuft und gegen einander gepreßt werden, wie in dem Mais, wo sie mit einer hornartigen Hülle umgeben sind, oder bei Cicas circinalis, wo ungefähr die Hälfte der Körner rund ist, die andere Hälfte mit polyedrischer Gestalt, die den Raum anfüllt, welchen die sphärischen Körnchen zwischen sich offen gelassen haben. Durch gegenseitigen Druck erhalten sie ihre polyedrische Form; dasselbe findet Statt, wenn sich feste Proteinverbindungen oder andere Körper dazwischen legen, wie bei den Bohnen, Erbsen u. s. w., im Allgemeinen bei den albuminhaltigen Samen. Da indessen die Amylumkörnchen selbst niemals Albumin — d. h. im chemischen Sinne — enthalten, sondern davon umgeben sind, so läßt sich daraus folgern, daß die Amylumstoffe sich zuerst in den Pflanzensäften als feste Körperchen absondern und daß erst nachher der sogenannte coagulirte Eiweißstoff abgeschieden wird. Ebenso ist es mit anderen Substanzen, Kalk-

salzen, ölartigen Stoffen u. s. w., wovon immer Spuren an der Oberfläche und auf der äußersten Schicht der Amylumkörnchen vorkommen und wodurch diese noch weniger im Wasser löslich werden (Payen). Es ist bewiesen, daß die Amylumkörnchen während der Vegetation ganz oder zum Theil aufgelöst werden können. Payen hat mehrere interessante Beobachtungen gemacht, welche die Auflösung der äußersten Schichten der Körnchen oder das gänzliche Verschwinden derselben darthun. Bei diesem Proceß bildet sich nach ihm aus dem Amylum Dextrin und Zucker, und der die Auflösung bedingende Stoff ist Diastase, dessen Einwirkung auf das Amylum auch außerhalb der Pflanzen genau bekannt ist. Diese Veränderung geht in den Kartoffeln bei dem Erfrieren vor sich, wo das Amylum ganz in Zucker verwandelt wird; ebenfalls bei dem Keimen, wo aus der Kartoffel alles Amylum verschwindet und Zucker an dessen Stelle tritt. Die Erzeugung der Diastase in keimenden Samen ist, obgleich keine Analysen darüber vorliegen, in hohem Grade wahrscheinlich.

Nach de Candolle *) nimmt die Quantität der Stärke in den Kartoffeln bis zum Zeitpunkt ihrer Reife fast eben so zu, wie sie nach dieser Zeit abnimmt. Im August gaben 100 Pfund Kartoffeln 10 Pfund Stärke, im September 14,5 Pfund, im October 14,75 Pfund, im November 17 Pfund. Dieser Gehalt bleibt während des Januars und Februars constant, nimmt ab im März, so daß er im April bereits auf 13,75 Pfund und endlich im Mai auf 10 Pfund zurückgekommen ist.

Dasselbe Resultat würden viele Samen, Wurzeln und im Allgemeinen die amylumhaltigen Pflanzentheile geben, wenn man sie in dieser Beziehung untersuchte. Es beweist, daß sowohl die Erzeugung des Amylums wie dessen Ver-

---

*) Phys. Végét., Tom. I. p. 181.

schwinden ein gewöhnlicher chemischer Proceß ist, woran die Pflanze keinen Theil nimmt; eine Wirkung, welche von Stoffen ausgeht, die mit einander in Berührung sind und unter dem Einfluß steigender und abnehmender Temperatur die Amylum-Bildung und -Vernichtung abwechselnd bedingen.

Was aus dem Amylum wird, ist genauer bekannt, als woraus das Amylum entsteht. Versuche haben gelehrt, daß Dextrin und Zucker nie unter den neuen Produkten fehlen, wenn Amylum aus einem Pflanzentheil verschwindet. Es ist nicht zu bezweifeln, daß jene Stoffe unter entgegengesetzten Verhältnissen wieder Amylum erzeugen können. Aehnlicher Erscheinungen giebt es eine Menge in der organischen Natur: z. B. die Ablagerung von Fett in dem thierischen Zellengewebe und dessen Auflösung zu anderen Zeiten; die Abscheidung der Muskelfasern in den Muskeln, die Auflösung derselben in Krankheiten und die abermalige Ausscheidung während und nach der Wiederherstellung. Solche Erscheinungen sind häufig.

Das Amylum erleidet dieselbe Veränderung in ausdauernden Pflanzentheilen; es scheint in manchen Pflanzen eine ähnliche Funktion zu erfüllen, wie das Fett bei den Thieren, nämlich sich auszuscheiden, um später wieder aufgenommen und zum Stoffwechsel verwandt zu werden.

Zwei Funktionen des Amylums sind außer der Dextrin- und Zuckerbildnng noch bekannt: nämlich die Erzeugung von Fett und Chlorophyll. Von beiden wird später die Rede sein.

Moosstärke. Das Gewebe vieler Zellenpflanzen giebt beim Auskochen mit Wasser einen gallertartigen Stoff, der sich in seiner Zusammensetzung dem Amylum sehr nähert. Uebrigens hat jene Substanz nicht immer diese Zusammensetzung. Aus anderen Pflanzen ähnlicher Art erhält man einen wahren Pflanzenschleim, z. B. aus Sphaerococcus crispus. Die Bezeichnung amylumartiges Gewebe

für das Gewebe der genannten Pflanzen muß daher mehr beschränkt werden, als bis jetzt geschieht.

In welcher Form der erstgenannte Stoff, die gallertartige Substanz, welche beim Auskochen z. B. von Isländischem Moos erhalten wird, in den Pflanzen vorkommt, ist unbekannt. In den feinen haarförmigen Zellen, woraus jene Pflanzen hauptsächlich bestehen, findet man zwar viele kleine Kügelchen, welche durch Kochen aufgelöst werden; aber deren Zahl reicht nicht hin, um die große Quantität Moosstärke zu liefern, welche man daraus beim Kochen erhält (Meyen, Physiologie). Wahrscheinlich wird diese Stärke durch das Kochen nicht gelöst, sondern aus einem Bestandtheil der den Zellenstoff einschließenden Substanzen jener Pflanzen erzeugt. Man sieht nämlich während des Kochens die Zellenmembran sich immer mehr lösen und dünn und locker werden, während sie zuvor einige Dicke und Festigkeit besaß. Gut ausgekocht und darauf mit den bei der Cellulose angeführten Lösungsmitteln ausgezogen, hinterlassen die genannten Pflanzen endlich Cellulose (siehe S. 199). Der dem ganzen Pflanzengewebe gegebene Name »amylumartiges Gewebe« ist daher, wie schon gesagt, ungenau; es kommt darin wahre Cellulose $C_{24}H_{42}O_{21}$ und ein Stoff vor, welcher sich beim Kochen mit Wasser in die bekannte Moosstärke verwandelt.

Payen hat früher schon angenommen, daß in der Stärke des Isländischen Mooses auch Inulin enthalten sei *). Durch spätere Untersuchungen fand er diese Ansicht bestätigt **); aber die Quantität des Inulins ist äußerst gering.

Versetzt man ein Flechtendekokt mit basisch essigsaurem Blei, so fällt bloß ein Bleiamylat nieder, während das Inulin aufgelöst bleibt. Wenn man durch die abfiltrirte Flüssigkeit Schwefelwasserstoffgas leitet, filtrirt und abdampft, so erhält

*) Berzelius' Lehrbuch, Bd. VIII. S. 452.

**) Annales des Sc. Nat., Aout 1840, p. 85, Bot.

man nur wenig nicht krystallisirbaren, aus dem Inulin gebildeten Zucker. Aus dem Bleiamylat ergiebt sich die Zusammensetzung der Moosstärke gleich der der gewöhnlichen Stärke: $C_{12}H_{20}O_{10}$, und also nicht, wie Payen angiebt, = $C_{12}H_{18}O_9$ *).

Da die Cellulose aller Pflanzen und auch der Flechten = $C_{12}H_{20}O_{10}$ + ½ aq. ist, so läßt sich die Bildung der Moosstärke leicht erklären; denn im Allgemeinen kann man Cellulose und Dextrin als diejenigen Stoffe betrachten, woraus sich das Amylum und der Zucker der Pflanzen erzeugt, während die Cellulose ihrerseits aus Dextrin entsteht. Uebrigens findet man ½ Aeq. Wasser mehr in der Cellulose als im Amylum, weshalb die Gruppirung ihrer Theile sich nicht bloß physikalisch, sondern auch chemisch unterscheidet. Darum

*) Im Jahre 1838 von der Moosstärke angestellte Analysen ergaben dafür folgende Zusammensetzung (Bulletin 1838, p. 41):

	gef. I.	gef. II.	At.	ber.
C	44,71	45,13	12	44,92
H	6,26	6,34	20	6,11
O	49,03	48,53	10	48,97

Das Atomgewicht war zu 1021 bestimmt, dies ist die Hälfte von $C_{12} H_{20} O_{10}$ = 2042,04.

Bei diesen Versuchen beobachtete ich, daß das erste Dekokt sich durch Jod ein wenig bläute, während das Uebrige sich gelb färbte. Diese beiden Farben gehen in Grün über, wenn man die beiden Stoffe vermischt. Ich bemerkte zu gleicher Zeit, daß dieselbe grüne Farbe entsteht, wenn man gewöhnliche Stärke und Inulin im Wasser löst und Jod hinzufügt.

Payen hat später auf die Gegenwart von Inulin aufmerksam gemacht, die Richtigkeit dieser Beobachtung ist auf die im Text angegebene Weise vollkommen bewiesen.

Das Dekokt jener Flechte, mit Alkohol niedergeschlagen, giebt also ein Gemenge von Amylum und Inulin, und obgleich beide sich nur durch ½ Aeq. Wasser unterscheiden, so war doch eine Analyse von reiner Inulinfreier Moosstärke nicht überflüssig.

Eine Auflösung derselben in Wasser wurde zu diesem Zweck von Beckers mit basisch essigsaurem Blei gefällt; dabei blieb das Inulin in der Flüssigkeit. Der gut ausgewaschene und bei 120° getrocknete Niederschlag gab für die reine Moosstärke:

C	44,48
H	6,00
O	49,52

Dies ist wiederum die Zusammensetzung des Amylum oder $C_{12} H_{20} O_{10}$.

ist die inulinfreie Moosstärke nicht Cellulose, sondern chemisch davon verschieden.

Sie unterscheidet sich übrigens wesentlich von der gewöhnlichen Stärke. Dies zeigt bereits die Färbung durch Jod. In dem Dekokt der Moosstärke findet sich nur eine sehr geringe Menge Inulin, nichtsdestoweniger ist die durch Jod erzeugte Färbung eine grüne. Diese grüne Farbe kommt allein bei einem geringen Gehalt an Amylum und viel Inulin zum Vorschein. Ein verdünntes Dekokt von Isländischem Moos, durch Jod gefärbt und einige Zeit in Ruhe gelassen, zeigt eine gelbe untere und eine blaue obere Schicht. Es enthält also sowohl gewöhnliches Amylum als auch Inulin; aber da die große Quantität der durch Jod gelb und blau gefärbten Stoffe zu den geringen Mengen des durch basisch essigsaures Blei gefällten Amylum und Zucker (aus dem Inulin erzeugt) in keinem Verhältniß steht, so muß noch eine dritte Amylumart im Isländischen Moos enthalten sein; eine Stärkeart, welche ebenso wie Inulin durch Jod gelb gefärbt und gleich dem Amylum durch basisch essigsaures Blei gefällt wird; sie muß die Hauptmasse der Moosstärke ausmachen.

Nichts ist indessen natürlicher als Uebergangsformen von Cellulose zu Körpern, welche an Amylum und Dextrin oder an Amylum und Zucker gränzen, da alle drei ohne Zweifel aus dem Zellenstoff selbst entstehen, oder vielmehr aus Molekülen, welche dazu bestimmt, Zellenstoff zu bilden, durch eine kleine Verschiedenheit der Umstände eine andere Form annehmen.

Verschiedene Moosarten enthalten verschiedene Amylumarten. Durch Auskochen von Lichen fastigiatus erhält man eine solche, welche ebenso wie die Stärke des Isländischen Mooses sich beim Abdampfen mit einer Haut überzieht, aber beim Abkühlen nicht zu einer Gallerte gesteht. Lichen fraxineus giebt beim Auskochen eine ähnliche Amylumart, welche

auch beim Abkühlen keine Gallerte bildet. Das erstere giebt mit basisch essigsaurem Blei, wodurch die gewöhnliche und Isländische Moosstärke stark gefällt werden, eine gelatinöse durchscheinende Fällung; letzteres wird dadurch gar nicht niedergeschlagen. Galläpfelaufguß, welcher die gewöhnliche und die Moosstärke fällt, giebt mit den beiden letzten Arten keinen Niederschlag.

Es giebt also verschiedene Amylumarten, und wahrscheinlich Verbindungen von Amylum mit Dextrin oder mit Zucker. Von dem letzteren Fall werden wir ein Beispiel in dem Inulin kennen lernen.

Das Stärkemehl der Kryptogamen ist zu wiederholten Malen untersucht worden. Vogel hat es z. B.*) und nach ihm Dietrich mit Jod geprüft**). Bei den Flechten erhielt Vogel keine blaue, sondern eine grüne Färbung. Nach Meyen wird indessen das ganze Pflanzengewebe durch Jod gebläut; aber da dieser Stoff sich durch Kochen nicht in Kleister verwandelt, so hat Schleiden ihn Amyloïd genannt. In den Stengeln der Lykopodiaceen, in dem Zellengewebe der Rhizocarpeen, in den sogenannten Antheren der Chara hat Vogel Amylum nachgewiesen, Dietrich in Parmelia, Sticta pulmonacea, Sphaerococcus crispus, Sphaerococcus Helminthochorton u. s. w. Wir haben übrigens oben p. 212 gesehen, daß die Reaktion mit Jod allein nicht immer genügt, um die Gegenwart von Amylum zu beweisen, indem Mohl und Schleiden beobachteten, daß bei manchen Pflanzen die Zellenmembran selbst durch Jod gebläut wurde. Zwischen dem eigentlichen Zellenstoff und dem Inulin liegen eine Menge Uebergangsformen, wovon das Amylum nur ein einziges Glied ausmacht.

Inulin. In vielen Pflanzen — sogar in viel größerer

---

*) Linnaea, Bd. 15, p. 59.

**) Erdmann's und Marchand's Journal, 1842, Bd. 25, Heft 6, p. 377.

Verbreitung als das gewöhnliche Amylum, aber oft überse-hen — besonders in Dahlia, Helenium, Taraxacum kommt ein Stoff vor, welcher durch kochendes Wasser ausgezogen, sich beim Erkalten niederschlägt; welcher durch wiederholtes Kochen und Erkalten endlich auflöslich wird, und der durch anhaltendes Kochen mit Wasser *) und nach Payen auch mit Essigsäure **) in nicht krystallisirbaren Zucker übergeht. Jener Stoff zeigt im Kohlenstoffgehalt kleine Differenzen, je nachdem er sich aus einer erkaltenden Lösung leichter nie-derschlägt, in welchem Falle er mehr Kohlenstoff giebt, oder wenn er in kaltem Wasser auflöslich geworden ist, wobei der Kohlenstoffgehalt sich vermindert hat.

Es sind viele Analysen angestellt, ehe man die wahre Zusammensetzung des Inulins erkannte †). Die Leichtigkeit,

---

*) Bulletin 1838. Scheik. Onderz., Deel. I.

**) Annales des Sc. Nat., Bot. 1840, p. 86.

†) Ich habe Inulin von Taraxacum und Helenium analysirt und die folgende Zusammensetzung gefunden (Bulletin 1838. p. 41).

	Taraxacum	Helenium	At.	ber.
C	44,75	45,04	12	44,91
H	6,20	6,28	20	6,11
O	49,05	48,68	10	48,98

Parnell hat darauf (Annalen der Pharmacie und Chemie, Bd. 39, S. 213) für Inulin aus Dahlia gefunden:

	I.	II.	III.	At.	ber.
C	43,95	44,07	43,90	24	43,71
H	6,34	6,45	6,41	42	6,25
O	49,71	49,48	49,69	21	50,04

Er setzte zu einer Auflösung von Inulin essigsaures Blei und darauf Ammoniak, und erhielt von zwei Darstellungen zwei verschiedene Niederschläge:

	gef.	At.	ber.
C	16,65	24	16,42
H	2,44	42	2,35
O	18,48	21	18,81
PbO	62,43	5	62,42

	gef.	At.	ber.
C	22,46	24	22,81
H	2,94	36	2,79
O	23,37	18	22,38
PbO	51,23	3	52,02

Untersuchungen von Croockewit (Scheik. Onderz., D. I.) haben

mit der es sich in Zucker verwandelt, ist überraschend, und da es sich mit diesem Zucker verbinden kann, besonders wenn

---

die Analysen von Parnell bestätigt. Er fand für Inulin aus Dahlia:

C	43,96	43,90	44,61
H	6,30	6,28	6,21
O	49,75	49,78	49,78

Diese Zahlen entsprechen der Formel: $2\ (C_{12}\ H_{20}\ O_{10}) + H_2\ O$. Für Inulin aus Helenium bekam er:

C	44,30	44,41
H	6,23	6,26
O	49,47	49,33

Das ist $2\ (C_{12}\ H_{20}\ O_{10}) + \frac{1}{2}\ H_2\ O$ oder $\frac{1}{2}$ Aeq. Wasser mehr, als ich gefunden hatte.

Er hat ferner von dem Inulin aus Dahlia und Helenium Bleisalze untersucht, welche aus demselben, in gleichviel Wasser gelösten Inulin durch dieselbe Mischung von essigsaurem Blei und Ammoniak gefällt waren.

Diese Salze hatten verschiedene Zusammensetzung, aber viel mehr noch differirten die bei der Wiederholung ihrer Darstellung mit andern Mengen erhaltenen Verbindungen.

I. Helenium.

	gef.	At.	ber.
C	21,52	24	22,81
H	2,85	36	2,79
O	22,56	18	22,38
PbO	53,07	3	52,02

I. Dahlia.

	gef.	At.	ber.
C	25,20	32	26,22
H	3,32	48	3,21
O	27,56	24	25,72
PbO	43,92	3	44,85

II. Helenium.

	gef.	At.	ber.
C	19,13	24	19,22
H	2,39	38	2,48
O	20,61	19	19,89
PbO	57,87	4	58,41

II. Dahlia.

	gef.	At.	ber.
C	17,38	16	18,10
H	2,16	24	2,22
O	18,32	12	17,76
PbO	62,14	3	61,92

Von vier Bleisalzen, von denen je zwei auf dieselbe Weise dargestellt sind, stimmt keins mit den andern überein. Wenn wir uns Bleioxyd durch Aequivalente Wasser ersetzt denken, so haben wir für Inulin

aus Helenium I. $C_{24}\ H_{36}\ O_{18} + 3$ aq.
II. $C_{24}\ H_{36}\ O_{18} + 5$ aq.
aus Dahlia I. $C_{32}\ H_{48}\ O_{24} + 3$ aq.
II. $C_{32}\ C_{48}\ O_{24} + 6$ aq.

Sie erhalten also nicht mehr dieselben Stoffe. Es scheint, daß jene Blei-inulate Glucate enthielten, und daß vielleicht reine Inulate gar nicht bestehen.

Basen zugegen sind, so muß sowohl die Elementaranalyse des Inulins von verschiedenen Pflanzen und verschiedenen Darstellungen, als auch seiner Verbindungen mit andern Körpern abweichende Resultate geben.

Die Zusammensetzung des im kalten Wasser auflöslichen Inulins ist:

$$C_{12}\ H_{20}\ O_{10}$$

Es hat also die Zusammensetzung des Amylums und auch mehrere Eigenschaften mit demselben gemein; aber es wird weder beim Kochen mit Wasser in Kleister verwandelt, noch durch Jod blau gefärbt, sondern gelb. Man kann es mit demselben Rechte, womit man es zu den Stärkearten zählt, auch eine in kaltem Wasser unlösliche geschmacklose Zuckerart nennen. Die obige Zusammensetzung hat ein Inulin aus Taraxacum und Helenium gegeben. Bei einer andern Darstellung aus Helenium, wo es beim Erkalten der heißen Lösung nicht so schwer löslich blieb, gab es die Formel:

$$2\ (C_{12}\ H_{20}\ O_{10}) + \frac{1}{2}\ H_2O$$

Das Inulin aus Dahlia-Wurzeln, sowohl das leicht- als das schwerlösliche hat die Zusammensetzung

$$2\ (C_{12}\ H_{20}\ O_{10}) + H_2\ O$$

Die größere Menge Wasser rührt von einer Beimen-

Darnach scheint das Inulin kein reiner chemischer Körper mehr zu sein, wenn es im kaltem Wasser aufgelöst bleibt, sondern vielleicht eine Verbindung von nicht krystallisirendem Zucker und unlöslichem Inulin.

Die Analysen von Payen (Ann. des Sc. Nat. Bot., Aout 1840 p. 91) bestätigten diese Ansicht vollkommen.

	Gewöhnliches Inulin bei 150° getrocknet.	At.	ber.	Lösliches Inulin bei 170° getrocknet.	At.	ber.
C	44,55	24	44,91	44,19	24	43,71
H	6,12	40	6,11	6,17	42	6,25
O	49,33	20	48,98	49,64	21	50,04

Payen nimmt diesen Unterschied nicht an, sondern hält beide für isomerisch. Aus den obigen Versuchen und dem Ueberschuß im Kohlenstoffgehalt seiner ersten Analyse geht übrigens unzweifelhaft hervor, daß das unlösliche Inulin weniger Wasser enthält als das löslicke.

gung nicht krystallisirbaren Zuckers her, womit es sich innig verbindet.

Vereinigt sich das Inulin mit Basen, so entsteht immer ein Gemenge von einem Inulat mit einem Glucat. Der nicht krystallisirbare Zucker, den das Inulin bereits enthält, wird durch eine Basis in Glucinsäure verwandelt. Seine Inulate existiren wahrscheinlich nicht.

Besteht überhaupt ein reines Inulin? Nach den jetzigen Erfahrungen muß dies bezweifelt werden. Die einzige Darstellungsmethode, wodurch es sich aus den Pflanzentheilen ausscheiden läßt, bringt es mit sich, daß zugleich etwas Zucker gebildet wird, welches mit dem unveränderten Inulin in Verbindung bleibt. Ferner scheint die Umsetzung von Inulin in Zucker bereits in der Pflanze selbst vor sich zu gehen, und dadurch das Inulin aus Helenium und Dahlia in seiner Zusammensetzung wirklich um ½ Aeq., ja selbst um 1 Aeq. Wasser differiren zu können.

Wegen dieser äußerst leichten Veränderlichkeit steht das Inulin gleich dem Dextrin zwischen Zucker und gewöhnlichem Amylum. In vielen Pflanzen ist das Dextrin ein Uebergangsstoff von Amylum zum Zucker, gleich wie dies der Fall ist, wenn Schwefelsäure oder Diastase auf Amylum einwirken. In anderen Pflanzen ist das Inulin dieser Uebergangsstoff, ohne daß dabei Dextrin gebildet wird; vielleicht auch von Cellulose zum Zucker. Deshalb kommt Inulin in vielen Pflanzen vor, aber verschwindet zu manchen Zeiten schnell, und dann werden die Pflanzentheile süß.

Da im Wasser leicht lösliches Inulin vollkommen gleiche Zusammensetzung hat, wie Cellulose, so ist es wahrscheinlich, daß es aus dieser und nicht aus gewöhnlicher Stärke entsteht.

Der innige Zusammenhang zwischen Amylum und Inulin, welchen Raspail in dem Vorkommen von gewöhnlicher Stärke in den Knollen von Helianthus tuberosus anstatt des Inulins erblickt, scheint mir nichts zu beweisen. Die

Wurzeln der wild wachsenden Daucus carota enthalten fast gar keinen Zucker und sind ungenießbar; die Cellulose ist darin inkrustirt; eben so in manchen anderen Culturpflanzen.

Meyen hat beobachtet, daß Inulin in den frischen Dahlia=Knollen im aufgelösten Zustande vorkommt und sich beim Erfrieren derselben in der Gestalt von Kügelchen absetzen kann, welche nach ihm mit denen von Amylum übereinkommen, in der Art, daß zwei, drei oder mehrere an einander befestigt sind, aber nicht aus concentrischen Schichten bestehen (wie das Amylumkörnchen). In den frischen und lebendigen Knollen beobachtet man vor dem Gefrieren keine Spur von Kügelchen. Der Saft der Dahlia=Knollen läßt sich durch Papier filtriren und durch Eiweiß klären, und giebt beim Eindampfen nach dem Erkalten einen Niederschlag von Inulin *).

Dextrin und Gummi.

Durch Rösten, durch eine Substanz, welche in der gekeimten Gerste vorkommt, und welche man Diastase nennt, und durch verdünnte Schwefelsäure wird Amylum in eine im Wasser auflösliche Substanz verwandelt, welche fast in allen Pflanzentheilen angetroffen wird; man hat sie Dextrin genannt, und darf sie vom physiologischen Gesichtspunkte aus nicht verwechseln mit dem, was man gewöhnlich unter Gummi versteht. Aus vielen Acacia=Arten schwitzt der letztere Stoff durch die Risse der Rinde aus und verhält sich, der Luft ausgesetzt und durch Austrocknen vom Wasser befreit, wie eine rein chemische Verbindung, welche in den meisten Eigenschaften und der Zusammensetzung der oben genannten Substanz dem Dextrin gleichkommt. Beide haben mit dem Amylum gleiche procentische Zusammensetzung:

---

*) Pflanzenphysiologie, Bd. II. p. 284.

$C_{12} H_{20} O_{10}$ *). Wenn letzteres in Kleister verwandelt ist und einige Zeit sich selbst überlassen wird, so bildet sich daraus nach einiger Zeit das Dextrin in ziemlicher Menge.

Aus Cellulose entsteht Dextrin durch Einwirkung von Diastase oder verdünnter Schwefelsäure, welche letztere es auch aus inkrustirter Cellulose (Holz) erzeugen kann. Da indessen die inkrustirende Substanz sich in ihrer Zusammensetzung von Cellulose unterscheidet und Wasserstoff und

---

*) Nach einer Analyse vor Berzelius besteht Arabisches Gummi aus:

	gef.	At.	ber.
C	42,68	12	42,58
H	6,37	22	6,37
O	50,95	11	51,05

und ist zweibasisch, d. h. es vereinigt sich mit 3 R O.

Payen hat für Dextrin die Zusammensetzung $C_{12} H_{18} O_9 + 2 R O$ angegeben, so daß nach ihm 2 At. Wasser durch 2 At. Bleioxyd vertreten werden können. Er ist hierauf durch Dumas geführt, welcher meinte, daß Dextrin bei 180° unter dem Einfluß einer Metallbasis alles Wasser verlieren müsse. Die Analysen von Payen von der Bleiverbindung des Dextrins geben zwar das folgende Resultat (Ann. de Ch. et de Phys., Tom. 65, p. 249):

	gef.	At.	ber.
C	19,2	12	19,45
H	2,4	18	2,38
O	19,3	9	19,17
PbO	59,1	2	59,00

aber bei einer viel niederern Temperatur, als 180°, nämlich bei 135° färbt sich Gummi schon gelb, und bei 180° kann also Dextrin nicht mehr Dextrin sein (Bulletin 1838 p. 132). Bei 160° verbreitet es einen brandigen Geruch und gab bei der Analyse:

C	46,11
H	6,06
O	47,83

Dieser Körper ist indessen nicht mehr Gummi, sondern ein Gemenge von pyrochemischen Stoffen. Bei 130° getrocknet haben mir die folgenden Gummiarten folgende Resultate gegeben:

	Arabisches Gummi.	Senegal Gummi.	Java Gummi.	At.	ber.
C	45,10	44,92	45,22	12	44,92
H	6,10	6,09	6,09	20	6,11
O	48,80	48,99	48,69	10	48,97

Bei 130° getrocknet gab Gummi-Bleioxyd aus Arabischem Gummi:

C	45,29	45,23	44,98
H	6,10	6,01	6,00
O	48,61	48,76	49,02

Gummi hat also die Zusammensetzung des gewöhnlichen Amylums, und nicht, wie Dumas und Payen glauben, $C_{12} H_{18} O_9$.

Es ist kein Grund vorhanden, vom Dextrin etwas anderes anzunehmen.

Sauerstoff nicht in dem Verhältniß enthält, um Wasser zu bilden, so müssen dabei noch andere Produkte entstehen, welche übrigens noch unbekannt sind (S. 211). Von Diastase ist zur Bildung von Dextrin z. B. aus Amylum nur eine äußerst geringe Quantität erforderlich. Wird die Einwirkung der Diastase oder der verdünnten Schwefelsäure länger fortgesetzt oder davon eine größere Quantität als nöthig angewandt, so bildet sich Traubenzucker.

Eines solchen Agens bedient sich ohne Zweifel die Natur, um aus Cellulose Dextrin, oder um aus diesem Amylum und Zucker zu erzeugen. Diese Funktion können indessen außer dem Dextrin auch andere Stoffe in den Pflanzen erfüllen. Aber da die Diastase in der keimenden Gerste, ohne Zuthun der Kunst, aus Amylum gebildet wird, so kann sich jene auch in den Pflanzen entwickeln und daselbst Cellulose in Dextrin verändern. Wahrscheinlich wird die Dextrinbildung in den Pflanzen durch einen ähnlichen Stoff, wie die Diastase veranlaßt; die Dextrinbildung aus Cellulose und Amylum ist dann ein einfacher chemischer Proceß, woran die Pflanze selbst nicht Theil nimmt.

Fast alle Pflanzen enthalten in ihren Säften eine gewisse Quantität Dextrin; in den bekannten Analysen der meisten Pflanzentheile findet man es unter dem Namen Gummi angeführt. Wenn einem Aeq. Cellulose ein Aeq. Wasser entzogen wird, so entstehen 2 Aeq. Gummi oder Dextrin. Es kann also ein Theil der Zellenmembran ohne Vernichtung der Zelle durch Katalyse in Dextrin verwandelt werden, wenn in dem Pflanzensaft, welcher durch die Zellen zieht, eine äußerst geringe Quantität eines der Diastase ähnlichen Stoffes enthalten ist. Dieser Stoff ist noch nicht mit Bestimmtheit in den Pflanzen nachgewiesen; aber wir haben allen Grund, die Gegenwart desselben für wahrscheinlich zu halten und die Dextrinbildung in den Pflanzen zum der künstlichen zu vergleichen.

Man verwechsele mit Dextrin nicht, was wir gewöhnlich Gummi nennen. Zwischen beiden besteht ein wesentlicher Unterschied. Das erstere wird durch Schwefelsäure oder Diastase in Traubenzucker verwandelt, letzteres nicht. Dieser Unterschied ist von Bedeutung, sowohl in Betreff des Ursprungs als der Produkte beider Stoffe.

Dextrin gehört unter die Nahrungsstoffe; der Magensaft hat die Eigenschaft, aus dem Amylum und der Cellulose Dextrin zu bilden.

Die im Pflanzenreiche vorkommenden Gummiarten zeigen einige Verschiedenheit in ihren Eigenschaften. Sie enthalten alle eine gewisse Quantität Basen und sind als ein Gemenge von reinem Gummi mit Gummaten von Kali, Kalk u. s. w. anzusehen. Bei ihrer Verbrennung hinterlassen sie alle einen Aschenrückstand. Aus Pflanzenstoffen, welche mehr oder weniger von Basen durchdrungen und damit verbunden sind, kann das Gummi nicht als reiner chemischer Körper abgeschieden werden. In dem Pflaumen-, Kirschgummi u. s. w. finden sich außerdem harzartige gefärbte Stoffe, Pflanzenschleim u. s. w. Das Gummi der Acacia-Arten ist von allen das reinste, kann aber nach der Art seines Entstehens in keinem Falle chemisch rein sein. Daher die verschiedenen Reaktionen, welche gewisse Reagentien mit verschiedenen Gummiarten hervorbringen. Alle sind Sekretionsprodukte der Pflanzen und wahrscheinlich aus Dextrin entstanden; aber sie theilen mit diesem nicht die Eigenschaft, in Zucker verwandelt werden zu können. Das Dextrin ist ein sehr wichtiger Bestandtheil der Pflanzensäfte; das Gummi ein für die Pflanze selbst ganz indifferentes Produkt. Letzteres kommt nur in einigen Pflanzen vor; Dextrin hingegen ist ein allgemeiner für ihre Entwickelung unentbehrlicher Bestandtheil.

Wenn man die Bildung des Zellenstoffs, einer im Wasser unlöslichen Substanz, in den verschiedensten Theilen der

Pflanze verfolgt, eine Bildung, welche allein aus einem Stoffe, der durch eine Flüssigkeit zugeführt wird und die Poren der Zellen durchdringt, also aus einem auflöslichen Stoffe, möglich ist, so kommt man von selbst auf die Vermuthung, daß das Dextrin dazu verwandt wird. Wir kennen keinen zweiten Stoff dieser Art, welcher dazu dienen könnte. Es ist kein Zweifel, daß in den Pflanzensäften die näheren Bestandtheile der Cellulose vorkommen und zwar in aufgelöster Form, in der Art, daß sie als Flüssigkeit die Zellenwände durchdringen und neuen Zellenstoff, zur Vermehrung der Anzahl der Zellen, zuführen.

Keine andere Substanz kann dazu dienen als das Dextrin selbst. In jungen Pflanzentheilen trägt indessen auch der Zucker dazu bei. Die Erzeugung von Dextrin und Zucker bei dem Keimen des Samens: Produkte von dem Amylum selbst unter der Einwirkung des Eiweißstoffes (siehe Zucker), führt auf die Vermuthung, daß wirklich die Cellulose junger Pflanzentheile aus dem Dextrin und dem Traubenzucker der keimenden Samenlappen gebildet wird. In dem Kapitel über die Ernährung der Pflanzen kommen wir darauf wieder zurück. Hier wird es genügen zu bemerken, daß in vielen ausgewachsenen Pflanzen kein Zucker vorkommt, während dagegen alle Dextrin enthalten, und daß über die Wichtigkeit des letzteren für die Zellenbildung kein Zweifel sein kann.

Wo das Dextrin in den Pflanzen gebildet wird, ist nicht zweifelhaft. Zuerst kommen die äußersten Wurzelspitzen in Betracht; die sich von dort ausbreitenden Zellenreihen entstehen ohne Zweifel aus dem Dextrin. Dort ist also ihr erstes Entstehen sichtbar: eine Auflösung von Dextrin, welche sich organisirt, ist die Quelle der Cellulose; in jedem Falle eine Auflösung eines Stoffes, welcher Kohlenstoff und Wasser enthält und an dem Punkte, wo sich die Zellen bilden, vom Dextrin in der Zusammensetzung nicht verschieden

sein kann. Von da zieht er sich durch die ganze Pflanze hin; aber auch an anderen Stellen muß sich Dextrin bilden; überall nämlich, wo die Zellenwände aufgelöst werden (siehe Zellenbildung) *).

Das Dextrin erzeugt und erhält nicht allein die Cellulose, sondern auch das Amylum, den Zucker und andere Pflanzenprodukte. So entsteht das Gummi, ein Stoff, welcher sich in den Intercellulargängen oder an der inneren Seite der Rinde oft in großer Menge anhäuft und durch kleine Spalten austritt (arabisches und Pflaumen-Gummi u. s. w.). Von Anacardium orientale giebt de Candolle an, daß ein Stück Gummi von ungefähr 40 Pfunden aus einer einzigen Oeffnung ausgeflossen sei.

Man kann kaum einen wichtigeren Bestandtheil des Pflanzenreichs anführen als das Dextrin. Es ist für die Pflanzen ungefähr, was das Protein für die Thiere ist: ein Bestandtheil, woraus die wichtigsten Produkte für den Organismus erzeugt werden müssen.

Nehmen wir die Formel des Dextrins gleich der an, welche wir für das Gummi gefunden haben, so besteht die Entwickelung der Cellulose aus demselben in der Aufnahme von 1/2 Aeq. Wasser:

$$2\,(C_{12}H_{20}O_{10}) + H_2O = \text{Cellulose}.$$

Die Bildung von Amylum aus Dextrin beruht allein auf einer isomerischen Umsetzung; beide haben gleiche Zusammensetzung. Dasselbe gilt von der Erzeugung des arabischen, Senegal-, Pflaumen- und Kirsch-Gummi aus Dextrin, welche sämmtlich isomer sind. Endlich besteht die Verwandlung des Dextrins in Rohr-, Trauben- oder Frucht-Zucker bloß in der Aufnahme oder Abscheidung von Wasser.

---

*) In den Cactus-Arten findet man durch die ganze Pflanze hin in dem Safte eine reichliche Menge Dextrin.

Zucker.

Der in den Pflanzen vorkommende Zucker hat die Grundformel $C_{12}H_{18}O_9$ und unterscheidet sich also von Cellulose und Amylum in dessen verschiedenen Modifikationen und vom Dextrin und Gummi durch den Wassergehalt. Er kommt in vielen Pflanzen fertig gebildet vor, auch in dem Thierreich als Harnzucker. Bei der Zersetzung der Gallerte durch Alkalien bildet sich eine Zuckerart, welche, obgleich stickstoffhaltig, doch zu dem gewöhnlichen Zucker in naher Beziehung steht. Die bekannten Zuckerarten des Thier- und Pflanzenreichs sind Milchzucker:

$$C_{24}H_{38}O_{19} + 5\ H_2O\ ^{*}),$$

Rohrzucker:

$$C_{12}H_{18}O_9 + 2\ H_2O,$$

Trauben-, Harn-, Honig-, Amylum-, Frucht-Zucker:

$$C_{12}H_{24}O_{12} + 2\ H_2O.$$

---

*) Nach Berzelius besteht der Milchzucker aus:

	gef.	At.	ber.
C	40,13	24	40,46
H	6,76	48	6,61
O	53,11	24	52,93

Bei 120° ist seine Formel $C_{24}H_{42}O_{21}$; bei 150° $C_{24}H_{88}O_{19}$; während er mit Bleioxyd die Verbindung $C_{24}H_{38}O_{19} + 5\ PbO$ od. $+ 10\ PbO$ bildet.

Der Rohrzucker ist von Berzelius, Gay-Lussac und Thénard und andern, zuletzt von Peligot und mir untersucht. (Ann. de Ch. et de Phys., Tom. 67, q. 120.)

	Berzelius	Gay-Lussac und Th.	Peligot.	At.	ber.
C	42,22	42,47	42,26	12	42,11
H	6,60	6,40	6,60	22	6,37
O	51,18	51,13	51,14	11	51,52

Die Verbindung mit Bleioxyd verliert bei 100° ein Aeq. Wasser (Bulletin 1839 p. 300), und dann ist die Zusammensetzung derselben:

	gef.	At.	ber.
C	18,76	12	18,99
H	2,69	20	2,58
O	21,40	10	20,70
PbO	57,15	2	57,73

welches Resultat Berzelius bereits früher erhalten hat. Genau bei 141°

Dahin gehört ebenfalls der nicht krystallisirbare Zucker, von Dumas Glucose, von manchen Fruchtzucker genannt.

Der nicht krystallisirbare Zucker, welcher aus manchen Pflanzen erhalten wird, hat dieselbe Zusammensetzung, wie der krystallisirende Traubenzucker.

Aus Amylum wird durch Diastase und Schwefelsäure derselbe Zucker gebildet, ohne Zweifel auch aus dem Dextrin in den Pflanzen unter dem Einfluß verschiedener Substanzen. Diastase verwandelt Cellulose in Dextrin und Zucker.

Durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Gallerte entsteht eine stickstoffhaltige Zuckerart:

$$C_8H_{18}N_4O_7.$$

---

verliert das Bleisacharat das zweite Aeq. Wasser und giebt bei 159° getrocknet folgende Zahlen:

	gef.	At.	ber.
C	19,40	12	19,44
H	2,50	18	2,38
O	18,91	9	19,07
PbO	59,19	2	59,11

Das hartnäckige Zurückhalten des letzten Aeq. Wasser bei 141°, ungeachtet der Zucker bereits 2 Aeq. Bleioxyd aufgenommen hat, ist auffallend.

Traubenzucker, Harnzucker, Honigzucker, Amylumzucker und Fruchtzucker haben alle die Formel: C_{12} H_{28} O_{24}; sie sind von de Saussure, Prout und Peligot untersucht. (Ann. de Ch. et de Phys., Tom 67, p. 142.)

	Traubenzucker	Amylumzucker	Honigzucker	Harnzucker.
C	36,71	37,29	36,[illegible]	36,7
H	6,78	6,84	} 63,64	7,3
O	56,51	55,87		56,0

	At.	ber.
C	12	36,8
H	28	7,0
O	14	56,2

Durch Erhitzen bis 140° verliert der Traubenzucker 2 Aeq. = 9% Wasser und besteht dann aus C_{12} H_{24} O_{12}. Nach Peligot ist das Bleisalz bei 150° getrocknet C_{24} H_{42} O_{21} + 6 PbO.

Der Leimzucker hat folgende Zusammensetzung (Bulletin 1838, p. 146 und Scheik. Onderz., Deel I.).

	gef.	At.	ber.
C	34,27	8	34,39
H	6,51	18	6,32
N	19,84	4	19,92
O	39,38	7	39,37

In der Verbindung mit Bleioxyd hat er 2 Aeq. Wasser verloren und ist C_8 H_{14} N_4 O_5 + 2 PbO. Mit Salpetersäure bildet er Zuckersalpetersäure: C_8 H_{14} N_4 O_5 + 2 N_2 O_5 + 4 aq.

Wenn wir ½ Aeq. Rohrzucker davon abziehen, nämlich $C_6H_{10}O_5$, so bleibt $C_2H_8N_4O_2$ übrig, d. i. Harnstoff.

Alle jene Zuckerarten stehen also in einem genauen Zusammenhange, der sich auch über Cellulose, gewöhnliches Amylum, Moosstärke, Inulin, Dextrin und alle Gummiarten erstreckt. Diese Körper enthalten sämmtlich Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältniß, um Wasser zu bilden, in Verbindung mit Kohlenstoff. Sie entstehen, da 12 At. Kohlenstoff ein oder mehrere Male darin vorkommen, durch eine sehr einfache Veränderung eines aus dem andern durch bloßen katalytischen Einfluß; und der Proceß ihrer Erzeugung in den Pflanzen und Thieren ist also ein einfacher chemischer.

Der Rohrzucker steht dem Amylum und Dextrin am nächsten, obgleich er sich dadurch, daß er ein Aeq. Wasser weniger enthält, wesentlich von diesen unterscheidet. Wahrscheinlich wird diese Zuckerart in den Früchten zuerst gebildet und verwandelt sich später durch Aufnahme von 3 Aeq. Wasser in Traubenzucker. Sehr leicht entsteht aus Rohrzucker Traubenzucker durch Gährung, Diastase und verdünnte Säuren. Es ist zu bemerken, daß außer dem Zuckerrohr, den rothen Rüben, dem Ahornbaum und wenigen anderen Gewächsen die meisten Pflanzen immer $C_{12}H_{28}O_{14}$, d. h. Traubenzucker, enthalten. In den Pflanzen, worin Rohrzucker vorkommt, scheinen also die Stoffe (Säuren?) zu fehlen, welche in dem Traubenzucker mehr Wasser mit der ursprünglichen Substanz: $C_{12}H_{18}O_9$ verbinden, welche in Cellulose, Amylum, Dextrin und Gummi und auch im Rohrzucker gedacht werden kann. Der Schleimzucker, Glucose, wovon oben die Analyse mitgetheilt ist, scheint sich bei der Zersetzung gewisser Pflanzentheile aus Inulin (siehe S. 227) oder aus krystallisirbarem Zucker zu erzeugen. Ebenso der Syrup bei der Gewinnung des Rohrzuckers. Durch Vervollkommnung der Methoden bei der Behandlung des Zuckersaf-

tes und der Raffinirung gewinnt man gegenwärtig weit mehr krystallisirbaren Zucker als früher.

Interessant ist die Vereinigung einer gewissen Quantität Wasser mit der genannten Grundverbindung des Zuckers in dem thierischen Körper, nämlich bei der Bildung von Harnzucker aus Rohrzucker oder Amylum in Diabetes mellitus, und von Milchzucker, welcher krystallisirt die folgende Zusammensetzung hat:

$$2\ (C_{12}H_{24}O_{12}),$$

eine Zuckerart, welche in der Milch vorkommt und die sich durch ihr Atomgewicht von allen andern unterscheidet. Der Pflanzen- und thierische Organismus haben dies gemein, daß beide auf dieselbe Weise die Elemente von Cellulose, Dextrin, Amylum (und bereits gebildeter Zuckerarten) bestimmen, sich mit einer gewissen Quantität Wasser zu verbinden und einen wasserhaltigeren Zucker zu bilden.

Die Analogie zwischen dem Rohr- und Leimzucker, einer stickstoffhaltigen Zuckerart, welche durch Einwirkung von Säuren auf Leim erhalten wird, führt zunächst auf die Vermuthung, daß alle jene compleren Körper eine oder mehrere Grundbedingungen gemein haben; aber sie beweiset auch, daß Zucker, den die Thiere entweder direkt zu sich nehmen, oder welcher aus ihren gewöhnlichen Nahrungsstoffen: Cellulose, Amylum und Dextrin gebildet wird — Stoffe, welche sich bei der Verdauung sehr leicht in Zucker verwandeln — wirklich zu den Bestandtheilen des thierischen Körpers gehört. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Schwefelsäure den Leimzucker aus Leim nicht erzeugt, sondern nur aus seinen Verbindungen isolirt. Demnach ist der Zucker ein Bestandtheil der leimgebenden Gewebe und kann, daraus abgeschieden, gleich dem Rohr- oder Traubenzucker dem Thiere zur Nahrung dienen. Mit anderen Worten: es existirt in den leimgebenden Stoffen eine Grundverbindung, welche auch im Rohrzucker vorkommt; werden die leimgebenden Gewebe zum

Stoffwechsel in dem thierischen Körper verbraucht, so kann die Grundverbindung derselben die Stelle der gewöhnlichen Nahrungsstoffe, des Rohrzuckers u. s. w. vertreten. Aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, muß der Leimzucker wirklich zu den Nahrungsstoffen gezählt werden.

Ist der Leimzucker in der That eine Verbindung des Rohrzuckers, welche für ein Aeq. Wasser ein Aeq. Harnstoff enthält, so ist im hohen Grade wahrscheinlich, daß der gewöhnliche Zucker im thierischen Körper mancherlei Verbindungen eingehen kann und keineswegs bloß die eine Funktion erfüllt, nämlich die Unterhaltung der Respiration. Wird Leimstoff in dem thierischen Körper erzeugt, so kann dies auf Kosten des in den Nahrungsstoffen schon enthaltenen, oder bei der Verdauung aus Amylum gebildeten Zuckers geschehen.

Wo der Zucker in den Pflanzen gebildet wird, ist unbekannt. Er wird übrigens von einer bestimmten Zellenreihe aus, worin er wahrscheinlich aus Dextrin entstanden ist, durch die ganze Pflanze fortgeführt, sammelt sich an manchen Stellen in großer Menge an und wird selbst hie und da nach außen getrieben. Die Nektarien liefern dafür ein Beispiel, wo oftmals der Zuckersaft, durch Verdunstung des Wassers concentrirt, schöne Zuckerkrystalle hinterläßt.

Häuft sich der Zucker in bestimmten Zellenreihen an, so wird er doch nicht wie das Gummi fest, sondern wegen seiner Löslichkeit im Wasser und weil er von den Zellen und Gefäßen umschlossen bleibt, bildet er höchstens eine sehr concentrirte Flüssigkeit, welche sich durch Auspressen der zuckerhaltigen Pflanzentheile vollkommen ausscheiden läßt. Birken und andere Bäume sind im Frühjahr reich an einem Zuckersaft, welcher gegohren den Birkenwein liefert. Nach Knight ist der Birkensaft desto zuckerhaltiger, je weiter von dem Boden entfernt er aufgesammelt wird, zum Beweise, daß der aus den Wurzeln aufsteigende Saft, welcher wahrschein-

lich eine bedeutende Menge Dextrin enthält, auf seinem Wege durch die Zellenwände sich in Zucker verwandelt. Auch die Stengel des Mais sind sehr zuckerhaltig, bevor sich die Frucht ansetzt *); man hat daher kürzlich vorgeschlagen, sie zur Zuckergewinnung zu benutzen. Das Thränen des Weinstocks ist eine bekannte Erscheinung. In Nordamerika gewinnt man ebenfalls Zucker aus Acer saccharinum, indem man im Frühjahr durch die Rinde bis aufs Holz bohrt. Aus einer Oeffnung erhält man binnen 24 Stunden im Durchschnitt 8 Litres einer Flüssigkeit von 1,006 bis 1,003 specif. Gewicht.

Daß zu den eigentlichen Zuckerarten allein die Körper gehören, welche Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältniß, wie sie Wasser bilden, enthalten, und welche bei der Gährung Alkohol liefern, ist aus der allgemeinen Chemie bekannt. Mannit $C_6 H_{14} O_6$, Glycyrrhin $C_{16} H_{24} O_6$ †) und dergleichen süße Körper sind Verbindungen anderer Art. Sie bilden sich wahrscheinlich durch Zersetzung von Rohr- oder Traubenzucker in den Pflanzen; der Mannit z. B. entsteht aus dem Safte der rothen Rüben, wenn er bei einer höheren Temperatur gährt, und bei der Verwandlung von Amylum in Traubenzucker durch Schwefelsäure. Nach Mitscherlich liefert selbst Tamarix gallica, var. mannifera Ehrenb. — eine Pflanze, welche zu den Manna erzeugenden gehört — nichts anders, als Traubenzucker, und enthält gar keinen sogenannten Mannit. Es leidet daher fast keinen Zweifel, daß Mannit ein Zersetzungsprodukt des Traubenzuckers ist, und daß in den Manna liefernden Pflanzen erst Traubenzucker gebildet wird.

Bei der Umsetzung des Rohrzuckers in Mannit, durch Gährung bei einer höhern Temperatur erzeugt sich zugleich

---

*) Pallas, Soubeiran und Biot in Comptes Rendus, 12 Septembre 1842.

†) Vogel in Erdmann's und Marchand's Journal, Bd. 28, p. 1.

Milchsäure, eine Säure, welche nach manchen Angaben ein Pflanzenbestandtheil sein soll, welche in der That aber nur ein Zersetzungsprodukt des Zuckers ist. Der Saft der rothen Rüben geräth bei einer Temperatur von 30° bis 40° in Gährung, der Rohrzucker geht in Traubenzucker über, nach einiger Zeit ist auch dieser verschwunden und Mannit, Milchsäure und ein gummiartiger Stoff gebildet, welcher die Zusammensetzung des arabischen Gummi hat. Dieser letzte Körper ist deshalb merkwürdig, weil er uns ein Beispiel von einer Rückbildung des Gummi (Dextrin?) aus Zucker liefert, von einer künstlichen Metamorphose, welche in den Pflanzen wahrscheinlich oft vorkommt. Wir beobachten, daß zuckerhaltige Früchte mannigmal ihre Süßigkeit verlieren und, wie wir uns ausdrücken, fleischig werden: es ist Cellulose gebildet, nachdem sich der Zucker zuvor ohne Zweifel in Dextrin verwandelt hat; der Zuckergehalt hat sich vermindert (siehe p. 235).

Der so eben genannte gummiartige Stoff hat die Zusammensetzung des Zuckers; seine Bildung beruht daher bloß auf einer isomerischen Veränderung desselben. Der Mannit und die Milchsäure sind auf andere Weise entstanden; man findet darin die Summe der Zuckerelemente nicht wieder:

	C	H	O
Milchsäure	6	10	5
Mannit	6	14	6
	12	24	11

Es fehlt an der Zusammensetzung des Traubenzuckers ein Aeq. Sauerstoff. Dieser Sauerstoff kann dem Zucker durch die in Zersetzung begriffenen Proteinverbindungen des Rübensaftes entzogen sein. Man findet wenigstens in der gegohrenen Flüssigkeit Ammoniak, und das Protein ist verschwunden (Liebig).

In jedem Fall entsteht Milchsäure, ein wichtiger Be-

lich eine bedeutende Menge Dextrin enthält, ... fluß des
Wege durch die Zellenwände sich in Zucker ... nliche Pro-
die Stengel des Mais sind sehr zuckerha... ehr wahrschein-
Frucht ansetzt *); man hat daher für...
zur Zuckergewinnung zu benutzen. ... ung von Pelouze
stocks ist eine bekannte Erschei... dem Einfluß von Casein
gewinnt man ebenfalls Zucker ...
dem man im Frühjahr dur...
Aus einer Oeffnung er...
Durchschnitt 8 Litres ...

...leim und Pektin.

...arten trifft man einen im Wasser ...mit mischbaren Stoff an, welcher in sehr ...en erscheint. Er ist bald neutral und ...), bald neutral und schleimig (Pflanzen- ...ertartig und sauer (Pektinsäure). Er hat ...formen dieselbe Zusammensetzung $C_{12}H_{16}O_{10}$ *),

... aus süßen Aepfeln besteht nach meinen Versuchen (Natuur- en Scheik. ... Deel 5), aus:

				At.	ber.
C	45,29	45,61	45,85	12	45,47
H	5,35	5,37	5,48	16	4,95
O	49,45	49,02	48,67	10	49,58

Pektinsäure aus Wurzeln (Daucus Carota):

C	45,48	45,47
H	5,39	5,27
O	49,13	49,26

Aus Knollen:

C	45,41	45,36
H	5,20	4,98
O	49,39	49,66

Das Irländische Moos gab:

C	45,17
H	4,88
O	49,95

	Quittenschleim		Althäa	Traganthgummi		
C	45,43	45,93	46,00	45,14	44,80	44,78
H	5,12	5,23	4,96	5,35	5,30	5,21
O	49,45	48,84	49,04	49,51	49,90	50,01

Die genannten Stoffe sind indessen nicht identisch, sondern polymerisch. Nach Regnault ist die Formel der Pektinsäure $C_{24}H_{30}O_{22}$, nach Fremy $C_{24}H_{34}O_{22}$ (Annalen der Pharmacie, Bd. 35, S. 322). Ich habe deshalb Fromberg veranlaßt, die Pektinsäure auf's Neue zu untersuchen.

...cheidet sich also wesentlich von der Cellulose-Reihe. ...tin findet er sich in Früchten, in Aepfeln, ...n, Kirschen, Pflaumen, Johannisbeeren. Mit ...r gekocht, geben sie eine gallertartige Masse; ...bei in der Form verändert, wahrscheinlich ...rbunden. Es ist unbekannt, in welcher ...genannten Pflanzentheilen vorkommt; aber ... muß es unter die sogenannten inkrustirenden ...zählt werden, welche die Zellenwände verdicken ... p. 214). Beim Kochen jener Früchte mit einem Alkali ...erwandelt es sich in Pektinsäure, eine polymerische Verbin...ung. Eben so erhält man es aus Knollen, Wurzeln von ...aucus Carota etc.

Als Pflanzenschleim kommt jener Stoff in verschiedenen ...erhältnissen vor, zuweilen in großer Menge in manchen ...flanzentheilen, z. B. in den Quittenkernen, Leinsamen u. s. w., ...elche in kaltem Wasser erweichen und sich mit Schleim ...berziehen. Er ist ein Hauptbestandtheil des Traganthgummi ...nd von Gummi Bassora, und verunreinigt manche Gummi...rten, z. B. das Pflaumen- und Kirschgummi. Aber unter ...elchen Verhältnissen er auftritt, er hat stets dieselbe pro...entische Zusammensetzung und unterscheidet sich nur in der ...ähigkeit, eine bestimmte Quantität Basis zu sättigen.

Der Schleim kommt ferner in Salep, Althaea und ...ymphytum in großer Menge vor; und in Uva crispa so ...eichlich, daß beim Auskochen mit Wasser die Flüssigkeit gal...ertartig gesteht.

Pektin, Pektinsäure und Schleim gehören zu den kräf...gsten Nahrungsmitteln; aber sie erleiden in dem thierischen

---

Er hat indessen meine Resultate erhalten (Scheik. Onderz., Deel 2). Die Metapektinsäure ist nach Fremy polymerisch mit Pektin:

Pektin	$C_{24}\,H_{34}\,O_{22} + RO$
Pektinsäure	$C_{24}\,H_{34}\,O_{22} + 2\,RO$
Metapektinsäure	$C_{24}\,H_{34}\,O_{22} + 5\,RO$

standtheil des thierischen Körpers, unter dem Einfluß des in Zersetzung begriffenen Proteins; und eine ähnliche Produktion in dem thierischen Körper ist darum sehr wahrscheinlich (siehe Fette).

Eben so merkwürdig ist die Entdeckung von Pelouze und Gelis, daß aus Zucker unter dem Einfluß von Casein Buttersäure entsteht (siehe Milch).

Pflanzenschleim und Pektin.

In vielen Pflanzenarten trifft man einen im Wasser unauflöslichen, aber damit mischbaren Stoff an, welcher in sehr verschiedenen Gestalten erscheint. Er ist bald neutral und gallertartig (Pektin), bald neutral und schleimig (Pflanzenschleim), bald gallertartig und sauer (Pektinsäure). Er hat in allen drei Formen dieselbe Zusammensetzung $C_{12}H_{16}O_{10}$ *),

---

*) Pektin aus süßen Aepfeln besteht nach meinen Versuchen (Natuur-en Scheik. Archief, Deel 5), aus:

				At.	ber.
C	45,20	45,61	45,85	12	45,47
H	5,35	5,37	5,48	16	4,95
O	49,45	49,02	48,67	10	49,58

Pektinsäure aus Wurzeln (Daucus Carota):

C	45,48	45,47
H	5,39	5,27
O	49,13	49,26

Aus Knollen:

C	45,41	45,36
H	5,20	4,98
O	49,39	49,66

Das Irländische Moos gab:

C	45,17
H	4,88
O	49,95

	Quittenschleim		Althäa	Traganthgummi		
C	45,43	45,93	46,00	45,14	44,80	44,78
H	5,12	5,23	4,96	5,35	5,30	5,21
O	49,45	48,84	49,04	49,51	49,90	50,01

Die genannten Stoffe sind indessen nicht identisch, sondern polymerisch. Nach Regnault ist die Formel der Pektinsäure $C_{24}H_{30}O_{22}$, nach Fremy $C_{24}H_{34}O_{22}$ (Annalen der Pharmacie, Bd. 35, S. 322). Ich habe deshalb Fromberg veranlaßt, die Pektinsäure auf's Neue zu untersuchen.

und unterscheidet sich also wesentlich von der Cellulose-Reihe.

Als Pektin findet er sich in Früchten, in Aepfeln, Birnen, Quitten, Kirschen, Pflaumen, Johannisbeeren. Mit Zucker und Wasser gekocht, geben sie eine gallertartige Masse; das Pektin wird dabei in der Form verändert, wahrscheinlich mit Hydratwasser verbunden. Es ist unbekannt, in welcher Form es in den genannten Pflanzentheilen vorkommt; aber wahrscheinlich muß es unter die sogenannten infrustirenden Stoffe gezählt werden, welche die Zellenwände verdicken (siehe p. 214). Beim Kochen jener Früchte mit einem Alkali verwandelt es sich in Pektinsäure, eine polymerische Verbindung. Eben so erhält man es aus Knollen, Wurzeln von Daucus Carota etc.

Als Pflanzenschleim kommt jener Stoff in verschiedenen Verhältnissen vor, zuweilen in großer Menge in manchen Pflanzentheilen, z. B. in den Quittenkernen, Leinsamen u. s. w., welche in kaltem Wasser erweichen und sich mit Schleim überziehen. Er ist ein Hauptbestandtheil des Traganthgummi und von Gummi Bassora, und verunreinigt manche Gummiarten, z. B. das Pflaumen- und Kirschgummi. Aber unter welchen Verhältnissen er auftritt, er hat stets dieselbe procentische Zusammensetzung und unterscheidet sich nur in der Fähigkeit, eine bestimmte Quantität Basis zu sättigen.

Der Schleim kommt ferner in Salep, Althaea und Symphytum in großer Menge vor; und in Uva crispa so reichlich, daß beim Auskochen mit Wasser die Flüssigkeit gallertartig gesteht.

Pektin, Pektinsäure und Schleim gehören zu den kräftigsten Nahrungsmitteln; aber sie erleiden in dem thierischen

---

Er hat indessen meine Resultate erhalten (Scheik. Onderz., Deel 2). Die Metapektinsäure ist nach Fremy polymerisch mit Pektin:

Pektin	$C_{24} H_{34} O_{22} + RO$
Pektinsäure	$C_{24} H_{34} O_{22} + 2 RO$
Metapektinsäure	$C_{24} H_{34} O_{22} + 5 RO$

Körper eine andere Umsetzung ihrer Elemente, als Amylum, Dextrin, Zucker, Inulin, Moosstärke und Cellulose, weil sie nicht, wie diese, Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältniß, um Wasser zu bilden, enthalten.

Die genannten Stoffe bilden alle mit Basen gallertartige Salze, welche in den Nahrungsmitteln vorkommen, indem sie in den Pflanzen entweder schon gebildet sind oder beim Kochen erzeugt werden.

Sie sind der Erfahrung gemäß für die thierische Ernährung von größter Bedeutung, aber welche Veränderung sie dabei in dem Organismus erleiden, liegt noch ganz im Dunkeln. Für die Kenntniß vom Bau und den Funktionen der Pflanzen sind sie ebenfalls von Wichtigkeit, denn sie finden sich in fast allen Pflanzen und oft in bedeutender Menge.

Das Pektin gehört zu den Stoffen, welche die Zellenwände verdicken. Es bildet sich in den Früchten während der Reife in großer Menge; vor dieser Zeit findet sich nur wenig davon. Dabei verlieren die Zellenwände ihr früheres Ansehen; waren sie zuvor undurchsichtig und fest, so werden sie nun lose und halb durchscheinend. Nach Fremy (Annalen der Pharmacie, Bd. 37, p. 339) bildet sich in den Früchten Pektin unter dem Einfluß der Säuren, welche jene enthalten, so lange sie unreif sind. Unreife Früchte, mit Wasser gekocht, gaben kein Pektin, aber nach Zusatz von Weinsteinsäure, Aepfelsäure oder Schwefelsäure findet man es in der Flüssigkeit in großer Menge. Dies ist eine interessante Beobachtung, indem wir daraus folgern, daß, da den gewöhnlichen inkrustirenden Substanzen (der Holzsubstanz) die Eigenschaft, mit Säuren Pektin zu geben, fehlt, der Stoff, welcher in den unreifen Früchten die Zellenwände verdickt, ein anderer sein muß. Ein ähnlicher Stoff wird also auch in den Wurzeln, Knollen und andern Pektin gebenden Pflanzentheilen vorkommen. Gleichzeitig mit dem Pektin bildet sich in den Früchten Zucker, und verschwindet die Säure,

welche die unreife Frucht enthielt; mit der Quantität des Pektins vermehrt sich auch die des Zuckers.

In fester Form findet sich also Pektin in den Früchten und anderen Pflanzentheilen als eine in den Zellenwänden abgelagerte Substanz, welche man durch Kochen mit einem Alkali ausziehen und von der unlöslichen Zellensubstanz trennen kann. Dabei verwandelt sich zugleich das Pektin in einen gelatinirenden Stoff, die Pektinsäure, welche sich gern mit Basen zu Gallerten vereinigt. Durch anhaltendes Kochen mit einem Alkali verschwindet die Pektinsäure, und man erhält eine im Wasser, selbst in Säuren auflösliche Säure, welche Fremy Metapektinsäure genannt hat. An Basen gebunden hat sie dieselbe Zusammensetzung, wie die Pektinsäure.

Der Pflanzenschleim ist eine im Wasser auflösliche Modifikation der Pektin bildenden Materie; denn von den fremden Beimengungen gereinigt, zeigt er sich in der Elementaranalyse in seiner Zusammensetzung von dem Pektin und der Pektinsäure nicht verschieden. Wahrscheinlich dringt also ein in der Zusammensetzung dem Pektin gleicher Stoff im aufgelöstem Zustande durch die verschiedenen Theile der Pflanze und kann sich durch polymerische Umsetzung der Elemente als feste Verbindung hier und da ablagern. Wie Dextrin von Gummi, so ist er wahrscheinlich der nächste Bestandtheil von Pektin, Pektinsäure und Pflanzenschleim.

An manchen Stellen und besonders in den Intercellulargängen, sammelt sich der Pflanzenschleim gleich dem Gummi an und dringt zuweilen durch kleine Oeffnungen in der Rinde nach außen. Er erscheint dann in der Gestalt eines gewundenen festen Körpers, wie Traganthschleim.

Daß Pflanzenschleim keine Metapektinsäure ist, zeigt seine indifferente Natur der stark sauren Reaktion der letzteren gegenüber. Es ist zu bezweifeln, ob die Metapektinsäure

überhaupt in dem Pflanzenreiche vorkommt. Vom Pektin ist es bewiesen.

Pflanzenschleim verhält sich zum Pektin, wie Gummi zum Dextrin. Jener ist für die Pflanze eine ganz indifferente Substanz, ein Secretionsprodukt, während Pektin zu den wesentlichen Bestandtheilen derselben gehört.

Thierischer Schleim. Mit dem Pflanzenschleim hat man öfter das Produkt der thierischen Schleimhäute verglichen. So sehr beide in einigen Punkten übereinstimmen, so sind sie doch ihrem Wesen und ihrer Zusammensetzung nach ganz und gar verschieden. Beide lassen sich mit Wasser mischen und bleiben darin suspendirt, sind aber so wenig löslich, daß sie nicht filtrirt werden können. Trocken mit Wasser übergossen, schwillt der thierische Schleim, gleich dem Traganthgummi, zu einem Vielfachen seines Volumens auf. Er ist im natürlichen Zustande daher eben so wie der Pflanzenschleim von den Salzen durchdrungen, welche die thierischen Flüssigkeiten und Pflanzensäfte enthalten.

Wegen ihrer Unlöslichkeit und ihrer eigenthümlichen äußeren Beschaffenheit können beide, der Pflanzen- wie der thierische Schleim, entblößte thierische Theile bedecken und sind im Stande, die Einwirkung scharfer Substanzen auf die zarteren Theile des Organismus zu schwächen; deshalb vermögen Salep, Traganthschleim u. s. w. den fehlenden thierischen Schleim zu ersetzen.

Aber nur in diesen allgemeinen physikalischen Eigenschaften stimmen jene Verbindungen überein. Der thierische Schleim enthält Stickstoff und unterscheidet sich dadurch wesentlich von dem Pflanzenschleim. Er selbst zeigt Verschiedenheiten sowohl in seiner Zusammensetzung wie in seinen Eigenschaften, je nachdem verschiedene Organe ihn erzeugt haben *); z. B. wird der thierische Schleim der Gallenblase

*) Bis jetzt sind erst drei Arten des thierischen Schleims untersucht: von dem

aus Alkalien durch Säuren gefällt, während der der Harnblase in Säuren mehr oder weniger löslich ist.

Ich habe nur im Vorbeigehen ein Wort über den thierischen Schleim gesprochen, weil der Name und einige unwesentliche Eigenschaften zur Verwechselung desselben mit Pflanzenschleim Veranlassung gegeben hat (siehe epithelium).

Extraktstoffe.

Der Name Extraktstoffe zeigt uns, wie viele Gegenstände in den Wissenschaften aufzuklären, wie viele Lücken noch zu füllen sind. Er umfaßt die verschiedenartigsten Substanzen; und die Klasse der Extraktstoffe hat ungefähr denselben Werth wie die alte Schörlklasse der Mineralien. Sie mag denjenigen, welche die organische Natur nach einfachen Principien construiren wollen, beweisen, wie weit wir

---

Eileiter der Frösche, den man Sternschnuppen genannt hat (Scheik. Onderz., Deel I.).

C	50,53	51,03
H	6,53	6, 77
N	9,27	9,58
O	33,67	32,62

Ferner kennen wir die Zusammensetzung von dem Schleim der Schwalben, woraus sie in Indien eßbare Nester bauen (Bulletin 1838, p. 172). Die reine Schleimsubstanz, welche ich Steossin genannt habe, ist zusammengesetzt aus:

	I.	II.	At.	ber.
C	54,81	55,05	22	55,17
H	7,02	7,10	34	6,96
N	11,64	11,66	4	11,62
O	26,53	26,19	8	26,25

Außerdem besitzen wir eine Analyse von dem Schleim der Ochsengallenblase von Kemp. (Annalen der Pharmacie, Bd. 43, S. 118.)

C	52,54	52,25
H	7,96	7,83
N	14,33	14,84
O	25,18	25,08

Hiernach scheint der Schleim ein veränderliches Gemenge heterogener Stoffe zu sein.

Nasse hat (Erdmann's und Marchand's Journal Nr. 9 u. 10, 1843, p. 59) die Zusammensetzung vom Schleim der Luftröhre angegeben.

noch entfernt sind, die einzelnen Processe der organischen Natur zu kennen.

Noch vor wenigen Jahren wurden die amorphen Verbindungen des organischen Reichs von Vielen verachtet und ihre Untersuchung für werthlos gehalten. Dasselbe Vorurtheil hat man auch heute noch gegen die Extraktstoffe. Nur unbefangene Männer, wie Berzelius, erkennen ihre Wichtigkeit für die organische Welt an, besitzen sie auch keine Krystallform. Ihre Untersuchung ist unendlich mühsamer, als die krystallisirender Verbindungen, aber darum darf man sie für nicht minder wichtig halten.

Das Wort Extraktstoff ist von den unter dem Namen Extrakte bekannten Arzneimitteln entlehnt. Man versteht darunter die im Wasser und Alkohol lösliche Substanz, welche man durch Auskochen aus den Pflanzen erhält, die sich beim Abdampfen bräunt und eine zusammenhängende dunkle Masse zurückläßt. Scheele nannte sie Seifenstoff. Sie kommt in den Pflanzen als eine farblose Materie vor, wird aber beim Erwärmen und unter dem Einfluß der Luft braun und in einen Absatz, Apothema, verwandelt.

So lange die Extraktstoffe der Pflanzen nicht genau untersucht sind, läßt sich über die Metamorphosen derselben nichts mit Bestimmtheit angeben. Man findet sie in den krautartigen und nicht krautartigen Gewächsen fast von gleicher Beschaffenheit. Wahrscheinlich sind es auch immer dieselben Stoffe und unterscheiden sich nur durch gewisse Beimengungen, z. B. von Dextrin, Zucker, Inulin u. s. w. Aber wir kennen sie weder ihrer Natur, noch ihrer Zusammensetzung nach, und sind ungeachtet ihres allgemeinen Vorkommens in den Pflanzensäften über ihre Funktionen noch ganz im Unklaren *).

---

*) Die Angabe von Germann (Erdmann's und Marchand's Journal, Bd. 28, S. 53), daß die Extrakte hauptsächlich Humussäure, Quellsäure,

Eben so mangelhaft ist unsere Kenntniß von den thierischen Extraktstoffen, Substanzen, denen man wegen ihrer dunkeln Farbe und ihrer Auflöslichkeit in Wasser und Alkohol denselben Namen gegeben hat. Durch unendlichen Fleiß und Mühe ist es Berzelius gelungen, viele als Extraktstoffe bekannte thierische Substanzen zu scheiden. Seitdem von ihm die Bahn gebrochen ist, haben wir Hoffnung, auch über diesen Gegenstand mit der Zeit Aufschlüsse zu erhalten. Für jetzt müssen wir uns begnügen, einzusehen, daß wir uns von jenen ohne Zweifel höchst wichtigen Stoffen des thierischen Organismus keine deutliche Vorstellung machen können. Ich nenne daher auch nur den Namen einer großen Klasse von Körpern, wozu vielleicht hunderte verschiedener Stoffe gehören, um unsere Unwissenheit nicht durch Stillschweigen zu bemänteln. Ueber ihre Zusammensetzung und ihre Metamorphosen ist nichts bekannt, wir übergehen sie daher.

Fette.

In dem Pflanzen- und Thierreich findet sich eine besondere Reihe von Verbindungen, welche wir Fette nennen; aber ihre Bestimmung ist in beiden verschieden; denn sie werden von den Pflanzen erzeugt, dagegen von den Thieren verbraucht und in andere Stoffe verwandelt.

Die meisten jener Fette hielt man früher für Salze von fetten Säuren und Glycerin; hiernach müßte die Pflanze, um ein neutrales Fett hervorzubringen, eine fette Säure und Glycerin erzeugen, und umgekehrt müßten bei der Zersetzung eines neutralen Fettstoffes in dem thierischen Körper die fette Säure und Glycerin beide zum Stoffwechsel verwandt werden können. Seitdem man übrigens weiß, daß Glycerin

---

Quellsatzsäure u. s. w., mit einem Worte die Hauptbestandtheile der Ackererde enthalten, verdient keine weitere Berücksichtigung.

keineswegs die Basis der neutralen Fette ist, sondern bei der Verseifung derselben erst gebildet wird, erleiden jene Schlüsse eine Einschränkung.

Die neutralen Fette sind meistens Verbindungen von zwei verschiedenen Fetten. In dem Pflanzenreiche findet man ein Gemenge von Margarin und Elain in den fetten Oelen, z. B. dem Olivenöl; in den Thieren kommt dasselbe Gemenge aber in einem andern Verhältniß vor, z. B. im Menschen- und Schweinefett; das Hammeltalg enthält eine größere Menge Stearin nebst Margarin.

Stearin, Margarin und Elain sind die im organischen Reich am meisten verbreiteten Fettarten; aber sie sind nicht die einzigen; vielmehr giebt es noch eine Menge anderer ebenfalls neutraler fetter Körper, welche im Allgemeinen nur in bestimmten Pflanzentheilen oder Organen des Thierkörpers vorkommen.

Wir wollen in der Kürze ihre Zusammensetzung betrachten, so wie man sie gegenwärtig annimmt, zuvor jedoch ein Wort über das Glycerin.

Das Glycerin ist ein im Wasser leicht löslicher Stoff, der dem Syrup gleicht und einen süßen Geschmack besitzt. Es wird bei dem Seifenbildungsproceß erhalten. Wenn man nämlich eins der genannten neutralen Fette mit einer starken Basis zersetzt, so vereinigt sich damit die fette Säure und Glycerin wird ausgeschieden.

Man hat lange Zeit für das Glycerin die Formel:

$$C_6\ H_{16}\ O_6$$

angenommen, bis Stenhouse dafür

$$C_3\ H_4 + O$$

fand, welche Formel er aus der Analyse mehrerer nicht allgemein in dem Pflanzenreich verbreiteter neutraler Fette ableitete. Kürzlich hat Redtenbacher das Glycerin wieder untersucht und die Zusammensetzung:

$$C_6\,H_8\,O_2 + 4\ H_2O$$

gefunden, welche mit der von Stenhouse übereinkommt und sich auch der früheren von Pelouze anschließt. Er betrachtet das Glycerin als eine bei der Seifenbildung erzeugte Alkoholart. Der Körper $C_6H_8O_2$, welchen Redtenbacher Akrolein nennt, entspricht dem Aldehyd in so fern, als durch Oxydation desselben eine Acrylsäure $C_6H_6O_3$ entsteht, welche mit der Essigsäure eine große Analogie besitzt. Gleich dem Aldehyd verwandelt sich das Akrolein sehr leicht in einen neutralen krystallisirenden Stoff.

Berzelius ist daher der Ansicht, daß das Glycerin in den neutralen Fetten nicht schon fertig gebildet vorkommt, sondern erst bei der Seifenbildung erzeugt wird. Die eigentliche Bildung der neutralen Fette ist nach ihm ein Oxyd von dem Radikal Lipyl C_3H_4, Lipyloxyd: C_3H_4O. Glycerin entsteht dann aus zwei Atomen dieses Oxydes und 3 Atomen Wasser:

$$2 \times C_3H_4O + (3\,H_2O) = C_6H_{14}O_5\,^*).$$

Alle Glycerin gebenden neutralen Fette enthalten also als Basis C_3H_4O; demnach muß bei der Bildung derselben in den Pflanzen neben den fetten Säuren auch jene Basis erzeugt werden und bei dem Verbrauch der Fette in dem Thierkörper ebenfalls eine Veränderung erleiden.

Die wichtigsten der fetten Säuren sind folgende:

Stearinsäure	$C_{68}H_{136}O_5 + H_2O$
Margarinsäure	$C_{34}H_{68}O_3 + H_2O$
Elainsäure	$C_{44}H_{80}O_4 + H_2O$ **)

*) Redtenbacher in den Annalen der Chemie und Pharmacie. August 1843. Brief von Berzelius, 2. Juni 1843.

**) Redtenbacher und Varrentrapp, welche diese Säuren zuletzt untersucht haben, fanden folgende Zusammensetzung:

Stearinsäure	$C_{68}H_{132}O_5 + H_2O$
Margarinsäure	$C_{34}H_{66}O_3 + H_2O$
Elainsäure	$C_{44}H_{78}O_4 + H_2O$

Berzelius ist der Ansicht, daß die Analysen weit besser mit den im Text angegebenen Formeln übereinstimmen.

Sie sind in den Pflanzen und Thieren allgemein verbreitet und bilden in Verbindung mit $C_3 H_4 O$ Stearin, Margarin, Elain oder die neutralen Fette des Pflanzen- und Thierreichs, woraus durch Einwirkung starker Basen immer $C_3 H_4 O$ abgeschieden wird und Verbindungen der fetten Säuren mit Natron u. s. w. entstehen.

Außer jenen Säuren kennt man noch die:

Cocostalgsäure: $C_{27}H_{54}O_3 + H_2O$,

durch Verseifung aus der Cocosbutter erhalten *),

Myristinsäure: $C_{28}H_{56}O_3 + H_2O$

aus Muscatbutter, deren Hauptbestandtheil sie ausmacht, aber worin noch zwei andere fette Körper vorkommen **),

---

Stearinsäure Redtenbacher

	gef.	At.	ber.
C	76,53	68	76,76
H	12,93	138	12,90
O	10,52	6	10,34

Margarinsäure, Redtenbacher

	gef.	At.	ber.
C	75,64	34	75,64
H	12,86	70	12,71
O	11,50	4	11,65

Elainsäure, Varrentrapp

	gef.	At.	ber.
C	76,73	44	76,89
H	11,89	82	11,69
O	11,38	5	11,42

Jahresbericht, 21. Jahrgang, S. 286.

*) Cocostalgsäure, Bromeis.

	gef.	At.	ber.
C	73,39	27	73,36
H	12,37	56	12,42
C	14,24	4	14,22

Berzelius ibid., p. 311. Bromeis berechnet $C_{27} H_{54} O_4$.

**) Myristinsäure, Playfair. Ann. der Chemie und Pharmacie, Bd. 37, S. 152.

	gef.	At.	ber.
C	74,06	28	73,75
H	12,29	58	12,54
O	13,65	4	13,71

Playfair berechnet $C_{28} H_{54} O_3 + H_2 O$.

Palmitinsäure: $C_{32} H_{64} O_3 + H_2 O$
aus Palmöl *),

Laurostearinsäure: $C_{24} H_{46} O_3$
aus dem Laurin **).

Wir wollen zuerst die fetten Säuren betrachten, welche im Pflanzenreiche vorkommen.

Baumöl kann ohne weitere Veränderung in Menschenfett übergehen; beide bestehen aus Margarin und Elain, nur in verschiedenen Verhältnissen. Da nun Margarin und Elain in den meisten der zur Nahrung dienenden Pflanzentheile vorkommen, so ist nichts natürlicher, als die Annahme, daß sie im menschlichen Körper direkt zur Fettbildung verwandt werden.

Wenn das Schaaf in seinem Futter Margarin und Elain verzehrt, so müssen diese eine chemische Veränderung erleiden, da das Fett der Schaafe vorzugsweise Stearin enthält. Vom Margarin ist die Umwandlung einfach. Wenn wir das Glycerin bei Seite lassen, so haben wir

$$\begin{array}{r} 2 \text{ Margarinsäure } C_{68} H_{136} O_6 \\ \text{Stearinsäure } C_{68} H_{136} O_5 \\ \hline O \end{array}$$

Aus 2 Aeq. Margarinsäure entsteht also unter Verlust von 1 Aeq. Sauerstoff 1 Aeq. Stearinsäure. Es ist im hohen Grade wahrscheinlich, daß solch eine Desoxydation der

---

*) Palmitinsäure, Stenhouse.

	gef.	At.	ber.
C	75,48	32	75,08
H	12,41	66	12,64
O	12,11	4	12,28

Stenhouse berechnet $C_{38} H_{62} O_8 + H_2 O$

**) Marsson, Ann. der Chemie und Pharmacie Bd. 41, S. 334.

		ber.
C	24	75,61
H	46	11,92
O	3	12,47

Margarinsäure wirklich vor sich gehe, und daß umgekehrt, wenn der Mensch Hammelfett verzehrt, die Stearinsäure sich unter Aufnahme von Sauerstoff in Margarinsäure verwandelt.

Bei dem letzteren Proceß fehlt indessen, so leicht auch die fetten Säuren in einander übergehen können, Lipyloxyd; die Hälfte des Stearin verliert ihr Lipyloxyd, indem es sich mit ½ Aeq. Sauerstoff zu Margarin verbindet; die andere Hälfte verändert sich in Stearinsäure. Beim Genuß von Hammeltalg muß also im menschlichen Körper entweder Lipyloxyd erzeugt werden, oder Glycerin vorhanden sein, welches unter gewissen Verhältnissen mit ½ Aeq. Stearinsäure und ½ Aeq. Sauerstoff sich zu Margarin vereinigt, oder — und dies ist am wahrscheinlichsten — die Hälfte der Stearinsäure wird in dem Körper zu andern Zwecken verbraucht.

Das Fett der Ziegen, Kühe, Pferde, auch Schweine und Gänse enthält mehr oder weniger Stearin mit Margarin und Elain gemengt; das Menschenfett ist frei von Stearin. Bei dem Uebergang von Margarin und Elain, der im Pflanzenreich verbreiteten Fette, in das Fett eines der genannten Thiere, oder auch bei dem Uebergang des Fettes von einem Thiere in das eines andern muß dieselbe Veränderung vor sich gehen, welche wir so eben vom Stearin und Margarin nachgewiesen haben.

Die Elainsäure ist ein anomaler Körper. Die bis jetzt betrachteten fetten Säuren sind Oxyde von dem Kohlenwasserstoff CH_2; die Elainsäure macht davon eine Ausnahme. Man kann sie als einen Kohlenwasserstoff betrachten, worin 8 At. Wasserstoff durch 4 At. Sauerstoff ersetzt sind.

$$C_{44}\ H_{88} + O_4\ H_8 = C_{44}\ H_{80}\ O_4$$

Aber wahrscheinlicher ist sie eine gemischte Substanz. Bei ihrer Verwandlung in Elaidinsäure, durch Einwirkung von salpetriger Säure, entsteht gleichzeitig noch eine zweite

fette Säure von dunkelrother Farbe *); wird Elainsäure mit einem Ueberschuß von Kali zusammengeschmolzen, so bildet sich eine eigenthümliche Säure: $C_{32}H_{60}O_3$, und aus $C_{12}H_{18} + H_2O$, welche übrig bleiben, entstehen 3 Aeq. Essigsäure unter Absorption von Sauerstoff aus der Luft:

$$\frac{\begin{array}{c} C_{44}\,H_{80}\,O_4 \\ C_{32}\,H_{60}\,O_3 \end{array}}{C_{12}\,H_{10}\,O + O_9 = 3\,(C_4\,H_6\,O_3) + H_2\,O} \text{ **)}.$$

Man hat also allen Grund, die Elainsäure aus wenigstens zwei Stoffen zusammengesetzt zu halten.

Das Elain, als Pflanzen- oder thierischer Bestandtheil, von Thieren consumirt, deren Fett aus Margarin und Elain besteht, wird ganz in Margarinsäure verwandelt oder nicht. Es sind darüber noch keine entscheidenden Versuche bekannt.

Es werden, wenn wir das Lipyloxyd unberücksichtigt lassen, bei der erwähnten Umsetzung des Elains in Margarin nicht alle Elemente verbraucht:

Elainsäure .	$C_{44}\,H_{80}\,O_4$
Margarinsäure	$C_{34}\,H_{68}\,O_3$
	$C_{10}\,H_{12}\,O_1$

Die Verbindung: $C_{10}H_{12}O_1$ bleibt übrig. Es giebt einen mit der Benzoesäure in vielen Eigenschaften üb stimmenden Stoff, die Fettsäure, welche sich nur durch Wasser von jener Formel unterscheidet, $C_{10}H_{16}O_3$: eine e, welche nicht aus Stearin- oder Margarinsäure, a aus Elainsäure durch Destillation dargestellt werden ka aber wovon in dem thierischen Körper sich noch keine ge- funden hat. Wie die Elemente $C_{10}H_{12}O_1$ verbr wer- den, liegt noch ganz im Dunkeln.

*) Meyer in den Ann. der Chemie und Pharmacie, Bd. 35. 174.

**) Varrentrapp ibid. p. 210.

Daß Stearin sich im thierischen Körper auch zu Elain umsetzen kann, ist unwahrscheinlich.

Es ist die Frage, ob die in den Nahrungsstoffen der Thiere enthaltenen neutralen Fette ganz unverändert oder in einer andern Form assimilirt und in dem Zellengewebe abgesondert werden. Wenn z. B. der Mensch Margarin und Elain haltige Stoffe genießt, so können die Fette möglicher Weise als solche unverändert in die Organe aufgenommen werden, oder sie werden verseift, circuliren als fette Säuren, und werden wiederum durch in dem Körper vorhandenes Lipyloxyd in neutrale Fette verwandelt. Ist das Letztere unmöglich, so ist auch undenkbar, daß aus den in den Speisen vorkommenden fetten Säuren neutrale Fette gebildet werden.

Mit einiger Wahrscheinlichkeit läßt sich annehmen, daß neutrale Fette nicht in unverändertem Zustande, sondern verseift in das Blut gelangen, da die Galle und der Chylus immer freies Alkali enthalten. Jene Verseifung erklärt zugleich die Gegenwart der Natronsalze der fetten Säuren im Blute und in andern Theilen des Körpers. Es muß sich gleichzeitig Lipyloxyd abscheiden und mit Wasser zu Glycerin vereinigen. Ist nun einmal eine Sodaseife, bei dem Menschen z. B. margarinsaures und elainsaures Natron in dem Blute enthalten, so kann daraus in dem Zellengewebe Margarin oder Elain gebildet werden ohne Zutritt von Glycerin; und es ist die Frage, ob dieses, als Verbindung von Lipyloxyd mit Wasser, in dem Körper überhaupt sich mit den fetten Säuren wieder zu neutralen Fetten vereinigen kann.

Die Frage muß verneint werden; denn Glycerin und fette Säuren verbinden sich nicht unmittelbar. Aber der Körper enthält eine reichliche Menge eines Oxyds von dem Radikal des Glycerins, dem Lipyl. Im statu nascenti wird sich ohne Zweifel das Lipyloxyd mit den fetten Säuren

vereinigen und die in dem Zellengewebe abgesonderten neutralen Fette erzeugen können; und so wird aus dem margarinsauren und elainsauren Natron des Blutes abermals Margarin und Elain entstehen.

Wir haben (p. 253) gesehen, daß in dem Glycerin das erste Oxyd von dem Radikal C_3H_4, dem Lipyl, vorkommt. Die Milchsäure enthält das zweite Oxyd desselben Radikals. Sublimirt man Milchsäure, so entsteht ein weißes Sublimat:

$C_3\ H_4\ O_2$ Sublimat

$C_3\ H_4\ O$ Lipyloxyd.

Kommt jenes Sublimat mit Wasser in Berührung, so verwandelt es sich wieder in Michsäure, indem zwei Aequivalente sich mit 1 Aeq. Wasser verbinden. Die Zusammensetzung der Milchsäure ist:

$$C_6\ H_{10}\ O_5$$

Daß Milchsäure in dem Körper reichlich gebildet wird, ist bekannt *), besonders seit den vortrefflichen Versuchen von Lehmann, worauf wir noch am Ende dieses Capitels zurückkommen werden. Unter desoxydirenden Einflüssen kann, während sonst aus gewissen Stoffen Milchsäure erzeugt wird, Lipyloxyd entstehen; und so können neutrale Fette hergestellt werden aus fetten Säuren und Lipyloxyd im statu nascenti. Aus diesem Grunde halte ich es für wahrscheinlich, daß neutrale Fette, z. B. Baumöl sich nicht unverändert in dem Zellengewebe des Menschen ablagern, sondern sich zuvor verseifen, und daß aus dem margarinsauren und elainsauren Natron des Blutes unter dem Einfluß der Milchsäure die Fette reproducirt werden.

Wie die andern Pflanzenfette, welche wir (p. 254) angeführt haben, und solche, welche wir noch nicht kennen, sich

*) Die Versuche von Enderlin (Annalen der Chemie und Pharmacie, Mai 1843. p. 164), wodurch er die Abwesenheit der Milchsäure oder milchsauren Salze im Blute nachweiset, verdienen wiederholt zu werden. Sie stehen übrigens mit dem im Text Angeführten nicht im Widerspruch.

in dem thierischen Körper verhalten, darüber läßt sich nichts bestimmen. Cacaobutter liefert bekanntlich dem menschlichen Körper Fett; sie enthält Stearin. Hierauf findet also dasjenige Anwendung, was wir oben über die Verwandlung desselben in Margarin anführten. Cocosfett, Palmöl, Muskatbutter, deren Säuren wir (p. 254) namhaft gemacht haben, lassen sich nicht so leicht verändern. Es verdient indessen Beachtung, daß auch sie, eben sowohl wie die Stearin- und Margarinsäure, Oxyde vom Kohlenwasserstoff CH_2 sind, was Dumas Veranlassung gegeben hat, die bekannten fetten Säuren der Pflanzen und Thiere in folgender Weise zu vergleichen. Ich gebe die Formeln, wie Dumas gethan hat; sie beziehen sich auf die Hydrate der Säuren. Die Zusammensetzung einiger derselben ist von ihm etwas willkührlich angenommen; ich werde diese bezeichnen.

Er geht von der Margarinsäure aus, und indem er jedesmal C_2H_4 abzieht, findet er die folgende Reihe von 17 Stoffen, von denen neun bekannt sind *):

$C_{34}\,H_{68}\,O_4$ Margarinsäure
$C_{32}\,H_{64}\,O_4$ Aethalsäure
$C_{30}\,H_{60}\,O_4$
$C_{28}\,H_{56}\,O_4$ Myristinsäure
$C_{26}\,H_{52}\,O_4$ Cocinsäure?
$C_{24}\,H_{48}\,O_4$ Laurinsäure
$C_{22}\,H_{44}\,O_4$
$C_{20}\,H_{40}\,O_4$
$C_{18}\,H_{36}\,O_4$ Caprinsäure?
$C_{16}\,H_{32}\,O_4$
$C_{14}\,H_{28}\,O_4$ Oenanthylsäure
$C_{12}\,H_{24}\,O_4$ Capronsäure
$C_{10}\,H_{20}\,O_4$ Valeriansäure

---

*) Comptes Rendus, Tom. 15, p. 935. 1842.

C_8 H_{16} O_4 Buttersäure
C_6 H_{12} O_4
C_4 H_8 O_4 Essigsäure
C_2 H_4 O_4 Ameisensäure.

Je weiter man in dieser Reihe hinabgeht, um so leichter sind die Säuren schmelzbar. In allen ist CH_2, ein mit dem ölbildenden Gase isomerer Kohlenwasserstoff, vorhanden, wie Chevreul bereits vermuthet hat.

In sehr vielen Pflanzentheilen, namentlich in den Fruchthüllen mancher Früchte findet sich eine fette Substanz, welche durch gewisse Thiere auch aus Zucker bereitet wird; dies ist das Wachs. Daß es in den Pflanzen vorkommt, ist schon lange bekannt gewesen; nicht so lange, daß die Bienen es aus ganz reinem Honig erzeugen.

Man findet verschiedene Arten von Wachs auf der Außenseite mancher Pflanzentheile. Dahin gehört das blaue Wachs der Trauben und Pflaumen, und dasjenige, was man aus den Apfelschaalen in ziemlichen Quantitäten erhält; es ist auch ein Bestandtheil von dem Gemenge, welches man gewöhnlich Chlorophyll nennt. Ferner enthält Stroh eine krystallisirbare Wachsart, eine andere hat Avequin beschrieben, welche er auf der äußern Fläche des Zuckerrohrs reichlich verbreitet fand.

Viele dieser Substanzen sind Oxyde von Kohlenwasserstoff.

Van der Vliet fand für
Myricin C_{20} H_{40} O
Cerin C_{10} H_{20} O *)

*) Bulletin 1838, p. 184.
Myricin

	gef.	At.	ber.
C	80,60	20	81,38
H	13,11	40	13,28
O	6,29	1	5,34

Letzteres ist in kochendem Alkohol von 0,857 löslich, das erste unlöslich, aber wird vom Alkohol von 0,804 gelöset; beide sind Bestandtheile des gewöhnlichen Wachses.

Avequin fand für Cerosin, die Wachsart aus Zuckerrohr,

$$C_{48}\ H_{100}\ O_2 = 48\,(CH_2) + 2\ H_2O\ ^{*})$$

Er hat außerdem die interessante Thatsache mitgetheilt, daß die Arten von Zuckerrohr, welche viel Zucker geben, wenig von dem Wachs enthalten, und umgekehrt, daß die, welche viel Wachs liefern, nicht sehr zuckerhaltig sind. Daraus folgt, daß entweder das Wachs in der Pflanze zur Zuckerbildung verbraucht wird, oder der Zucker zur Wachsbildung.

Das Letzte scheint am wahrscheinlichsten zu sein, und als allgemeine Regel bei dem chemischen Stoffwechsel sowohl im Pflanzen- wie im Thierreich zu gelten.

Daß die Bienen in den Pflanzen vorhandenes Wachs einfach sammeln, liegt in der Natur der Sache, in allen Blüthen, woraus sie Honig ziehen, ist auch Wachs enthalten. Auf diese Weise läßt sich also nicht entscheiden, ob die Bienen das Wachs aus dem Zucker erzeugen oder bloß aus den Pflanzen aufnehmen. Grundlach hat übrigens positiv nachgewiesen **), daß sie es wirklich aus dem Zucker bereiten. Er fütterte Bienen mit einer Auflösung von Kandiszucker in Wasser, und sah sie demungeachtet Wachs hervorbringen. Er beobachtete ferner, daß die Bienen zur Produktion von einem

---

Cerin

	gef.	At.	ber.
C	77,89	10	77,27
H	12,97	20	12,62
O	9,14	1	10,11

*) Annales de Chimie et de Physique, October 1840, p. 218.

	gef.	At.	ber.
C	81,4	48	81,4
H	14,2	100	14,1
	4,4	2	4,5

**) Naturgeschichte der Bienen, Cassel 1842.

Pfund Wachs 20 Pfund Honig bedürfen †). Zuckerrohr und Bienen können also beide den Zucker in Wachs, d. i. in Fett umwandeln. (Siehe ein Weiteres über das Wachs bei Chlorophyll.)

Gleich wie es Pflanzen giebt, welche besondere Fettstoffe enthalten, so findet man auch in gewissen Thieren, selbst in bestimmten Organen derselben eigenthümliche fette Körper; wir wollen diejenigen, welche wir kennen, in der Kürze aufzählen.

In der Butter kommen größtentheils mit Lipyloxyd verbunden, außer der Margarin- und Elainsäure vor:

Caprinsäure:

$$C_{18}\ H_{29}\ O_3$$ *)

Capronsäure:

$$C_{12}\ H_{19}\ O_3$$ **)

Butterölsäure:

$$C_{34}\ H_{60}\ O_4 + H_2\ O$$

Buttersäure;

$$C_8\ H_{14}\ O_4$$ ***).

---

†) Diese Berechnung kann darum nicht ganz richtig sein, weil der Honig immer ein wenig Wachs enthält, wenn er nicht besonders gereinigt ist.

*) Chevreul

		ber.
C	18	74,10
H	29	9,74
O	3	16,16

**) Chevreul

		ber.
C	12	68,67
H	19	8,87
O	3	22,46

***) Buttersäure, de Jany, Scheik. Onderz., D. I., p. 429.

	gef.	At.	ber.
C	30,00	8	29,75
H	4,38	14	4,25
O	18,04	4	19,46
BaO	46,58	1	46,54

Siehe auch Bromeis in den Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 42, S. 66.

Nach Berzelius findet sich freie Buttersäure ein Cyan, und nach Gmelin auch in dem Magensaft und dem Schweiß.

Zu den Fetten, welche aller Wahrscheinlichkeit nach in dem thierischen Körper selbst erzeugt werden, gehören die folgenden:

Cetin in dem Physeter macrocephalus, und zwar an einer bestimmten Stelle der Hirnhöhle:

$$C_{236}\ H_{464}\ O_{14}$$

In dem Cetin kommt Margarinsäure, Elainsäure und Aethal vor:

$$C_{96}H_{198}O_3 = 3\ (C_{32}H_{66}O) = 3 \times 32\,(CH_2) + H_2O + O_2$$

Phocin in dem Fett von Delphinus phocena

$$C_{26}\ H_{48}\ O_{12}$$

Cholesterin in der Galle und den Gallensteinen, in dem Blut, in den Fetten des Gehirns, im fungus medullaris und in Krankheiten der Eierstöcke und Hoden.

$$C_{37}\ H_{64}\ O_1$$

Ambranin in ambra

$$C_{33}\ H_{65}\ O_1\ (H_{66})?$$

In dem Gehirn giebt es endlich viele Fette, welche von verschiedenen Chemikern untersucht sind (Couerbe, Fremy),

---

Die Buttersäure von Bromeis aus Butter abgeschieden, ist:

		gef.	ber.
C	34	74,41	74,55
H	62	11,96	11,10
O	5	13,63	14,35

Sie nähert sich in der Zusammensetzung der Margarinsäure: $C_{34}\ H_{70}\ O_4$.

Die Butterölsäure scheint durch Oxydation aus der Margarinsäure zu entstehen und durch Desoxydation diese hervorbringen zu können. Wenn nämlich die Margarinsäure aus dem Fett der Kühe in die Butterölsäure übergeht, so erfordert sie zur Oxydation 5 Aeq. Sauerstoff; umgekehrt werden bei der Verwandlung der Butterölsäure und Margarinsäure z. B. in dem menschlichen Körper 5 Aeq. Sauerstoff ausgeschieden. Der Hauptbestandtheil der Butter ist indessen Margarinsäure, mit nur wenig Butterölsäure verbunden.

Pelouze und Gelis haben die Zusammensetzung der Buttersäure $= C_8 H_{16} O_4$ gefunden (Pogg. Annalen Nr. 8. p. 625).

Fette, welche Phosphor und Schwefel enthalten: Eleencephol, Cerebrot, Cephalot, Stearaconot nach Couerbe. Ihre Zusammensetzung ist übrigens noch nicht genau bekannt.

Diese oberflächliche Aufzählung der Fette des Thier- und Pflanzenreichs zeigt uns, daß sie für die Kenntniß des Stoffwechsels in den Organen von Bedeutung sind. Sie kommen in der Pflanzenwelt in großer Verbreitung vor, und in verschiedenen Pflanzentheilen in verschiedener Menge; am reichsten sind die Samen, in denen sich die fetten Oele in den größten Quantitäten ansammeln. Wo feste Proteinverbindungen in den Pflanzen abgesondert werden, da findet man meistens zugleich auch nicht unbedeutende Fettablagerungen; eine Erscheinung, welche ihrer Allgemeinheit wegen Beachtung verdient. Das Gehirn z. B., welches zum größten Theil aus Eiweiß besteht, und die Milch, welche reich an Proteinverbindungen ist, enthalten beide zugleich ansehnliche Mengen von Fett. Aber bei den Thieren sammeln sich auch außerdem in den Zellen des Zellengewebes bedeutende Quantitäten Fett an, ohne daß zugleich eine Proteinverbindung abgeschieden würde.

Nach den obigen Thatsachen scheinen die Thiere viel Fett von den Pflanzen zu erhalten, und es ist demnach die Frage aufgeworfen, ob alles Fett der Thiere von den Pflanzen herrührt. Dieser Ansicht ist Dumas, während sie Liebig bestreitet *). Das Beispiel von den Bienen ist für diesen Fall von großer Wichtigkeit. Aber auch die von Dumas angestellten Versuche scheinen beweisend, wornach es scheint, als ob wirklich die Kuh alles Fett, was ihre Milch enthält, mit dem Futter verzehrt **).

*) Annalen der Pharmacie und Chemie Bd. 45.

**) Comptes Rendus, 6 Mars 1843 p. 552. Ein ausführlicher Bericht von Dumas, Boussingault und Payen über den Ursprung des Fettes in den Thieren findet sich in Comptes Rendus 13. Février 1843 p. 345.

Ohne zu untersuchen, ob nicht die Natur der in den Nahrungsmitteln enthaltenen Fette auf die Fettbildung im thierischen Körper von Einfluß sei, nahm man einfach Fett für Fett; man bestimmte die aus den Nahrungsstoffen mit Aether ausgezogene Quantität derselben, ferner die Quantität der Nahrungsstoffe selbst, welche in einer bestimmten Zeit von einem Thier verzehrt waren, und die bis zu Ende dieser Zeit erfolgte Gewichtszunahme jenes Thieres, und glaubte aus solchen Versuchen schließen zu können, ob das thierische Fett bereits in den Nahrungsmitteln enthalten sei, oder ob ein Theil desselben aus andern Nahrungsstoffen, Amylum, Zucker u. s. w. im thierischen Körper bereitet würde. Eine Gans sollte diesen streitigen Punkt entscheiden. Bei der Mästung mit Mais, meinte Liebig, müsse Fett aus Amylum gebildet werden können, weil in dem Mais nur eine unbedeutende Quantität Fett, etwa $\frac{1}{10}$ pCt. enthalten sei, indeß Dumas 9 pCt., also mehr Fett in der Nahrung fand, als in einer gegebenen Zeit von der Gans verbraucht war, als sie an Gewicht zugenommen hatte. Es hat sich später herausgestellt, daß verschiedene Arten Mais sehr abweichende Mengen Fett enthalten; es kann daraus also kein Schluß gezogen werden.

Es ist nicht leicht, die Streitfrage zu entscheiden; denn in fast allen Nahrungsstoffen findet man mehr oder weniger Fett. Liebig führt indessen viele Beispiele von Substanzen an, welche kein oder wenig Fett enthalten und doch die Fettbildung im thierischen Körper ausnehmend unterstützen, z. B. alle Mehlstoffe, Reis, Erbsen, Bohnen, Kartoffeln und Getreide, welche vorzugsweise zur Mästung des Viehes angewandt werden. Sie enthalten gewiß alle Fett, aber wenig; Reis z. B. 0,13 — 0,25 pCt.; Erbsen 1,20 — 2,1; Bohnen 0,70; ausgepreßte Rüben 0,67; trockne Kartoffeln 3,05 pCt. an in Aether löslichen Bestandtheilen. Verzehrt also das Thier 1000 Pfund eines jener Stoffe, so erhält es

damit nicht mehr als 13—25, 12, 7, 6½, 30 Pfund Fett.

Nach Liebig bedürfen drei Schweine zur vollkommnen Mästung in 13 Wochen 1000 Pfd. Erbsen und 6825 Pfd. gekochte Kartoffeln, welche 1638 Pfd. trocknen Kartoffeln gleichkommen. In jener Quantität Erbsen sind 21 Pfd., in den Kartoffeln 5 Pfd., zusammen 26 Pfd. Fett enthalten. Ein gemästetes Schwein giebt im Mittel 50—55 Pfd. Fett, also drei 150—165 Pfd. Vor dem Mästen hat ein Schwein etwa 18 Pfd. Fett, also drei 54 Pfd. Rechnet man zu diesen 54 Pfd. die 26 Pfd., welche in den Nahrungsstoffen vorhanden sind, so hat man 80 Pfd.; und diese von den 150—165 Pfd. abzogen, bleiben 70—85 Pfd., welche in den drei Schweinen aus Amylum u. s. w. gebildet sein müssen.

Dazu fügt Liebig noch Bestimmungen der Fette, welche in den Excrementen einer Kuh enthalten sind, deren Quantität wenig von dem Fettgehalt des Heues und der Kartoffeln differirt, welche die Kuh verzehrt; woraus ebenfalls folgen würde, daß alle Butter aus dem Amylum und andern Bestandtheilen der Nahrungsstoffe und nicht unmittelbar aus dem Fette derselben gebildet sei. Eine Kuh frißt etwa 7½ Kilogramme Heu. Diese enthalten 1,56 % und also 116 Gramme Fett; außerdem 15 Kilogramme Kartoffeln; darin sind 10 Gramme Fett, also in beiden 126 Gramme. Die Excremente einer Kuh von einem Tag wiegen 4000 Gramme und enthalten 3,119 pCt., also 125 Gramme Fett. Dies ist grade die Menge des in dem verzehrten Heu und Kartoffeln enthaltenen Fettes *).

Im Gegensatz zu jenen von Liebig mitgetheilten Thatsachen hat Payen**) andere Versuche mit zwei Pferden an-

*) Comptes Rendus, 13 Mars 1843, p, 568.

**) Dumas verwirft das Beispiel von der Kuh, weil die Quantitäten der Nahrungsstoffe, der Butter und Excremente so sehr verschieden sind. Comptes Rendus . 6 Mars 1843, p. 559.

Siehe Dumas, Boussingault und Payen in Ann. des Sc. nat. Mai und Juni 1843. Zoologie. p. 351.

gestellt, welche weniger Fett durch die Excremente ausgeben, als ihre Nahrungsmittel enthalten. Die beiden Pferde wogen zusammen 940 Kilogramme. In 14 Tagen, wo sie nur mit Heu gefüttert waren, hatten sie 332 Kilogramme gefressen, und darin 6,64 Kilogramme Fett. Während dieser Zeit gaben sie 226 Kilogramme Excremente, worin 3,672 Kilogramme in Aether lösliche Stoffe, also 2,968 Kilogramme weniger als in den Nahrungsstoffen enthalten waren. Während dieses Versuchs hatte das eine Pferd 13, das andere 25 Kilogramme an Gewicht verloren. Daraus muß man schließen, daß auch Fett in dem Körper verzehrt und nicht immer aus andern Stoffen producirt wird.

Die Behauptung, daß in dem thierischen Körper Fette aus den Nahrungsstoffen erzeugt werden können, gewinnt dadurch an Wahrscheinlichkeit, daß wirklich manche Fette in demselben gebildet werden müssen, z. B. die Hirnfette, Cholesterin, die Fette der Capra-Arten, Cetin u. s. w. Natürlicher Weise entstehen diese entweder aus andern Fetten, oder aus andern Substanzen, z. B. aus Amylum; beides ist insofern dasselbe, als in jedem Falle eine Umsetzung der Elemente stattfinden muß. Von Seiten der Wissenschaft widerspricht also nichts der Ansicht, daß die Thiere Fette erzeugen können; Dumas hat demnach geirrt in der Annahme, daß die Pflanzen für die Thiere Fett produciren, und daß die Thiere dazu nicht fähig sind.

Wozu die Fette in dem thierischen Körper dienen, werden wir später sehen.

Bei der mikroskopischen Untersuchung solcher Samen, welche beim Auspressen Oel geben, wie die Mandeln, sieht man deutlich Oeltröpfchen an den innern Wänden der Zellen haften. Diese werden durch Pressen des Samens in gewöhnlicher Temperatur ausgetrieben und liefern das Oel. Es ist indessen bekannt, daß eine viel größere Menge Oel aus jenem Samen erhalten wird, wenn er auf eine gewisse Tem-

peratur erwärmt war. Dadurch wird ein anderer Theil des Oels, welcher nicht unverbunden in dem Samen vorhanden ist, frei gemacht und kann nun auch durch Pressen ausgeschieden werden. Das Erwärmen geschieht entweder durch Rösten oder durch Erhitzen in Wasserdampf oder Wasser. Es genügt eine Temperatur, wobei das Eiweiß gewöhnlich coagulirt, was ungefähr bei 62° geschieht.

In dem Fett enthaltenden Samen kommt nämlich in den Zellen außer den genannten Oeltröpfchen eine große Menge unregelmäßiger Kügelchen vor, von einer gelblichen halb durchscheinenden Materie. Dies ist eine Verbindung von Eiweiß und Gluten mit Oel, wahrscheinlich eine chemische Verbindung, woraus ein Theil des Oels sich ausscheidet, wenn der Eiweißstoff erhitzt wird, und dabei in einen anderen isomerischen Zustand übergeht (coagulirt wird, kann man hier nicht gut sagen, weil das Eiweiß bereits fest war); eine Veränderung, welche das thierische und Pflanzen-Eiweiß sehr leicht erleidet. Alles Oel wird übrigens auf diese Weise nicht getrennt, auch nicht bei allen fetthaltigen Samen gleich viel, so daß manche Arten eine viel höhere Temperatur oder wiederholtes Pressen und Erwärmen erfordern, z. B. der Leinsamen, welcher im Vergleich zu den Mandeln sein Oel nur schwer verliert. Daher sind alle diese Oele eiweißhaltig und müssen für gewisse Zwecke noch einer besondern Reinigung unterworfen werden (Patentöl).

Alle jene Samen, Ricinus-, Lein-Samen, enthalten vor vollendeter Reife Amylum; aber dies verschwindet, je mehr die Quantität des fetten Oels zunimmt, und hat der Oelgehalt sein Maximum erreicht, d. h. ist der Samen vollkommen reif, so ist keine Spur von Amylum mehr darin zu entdecken. Es ist daher im hohen Grade wahrscheinlich, daß das Amylum zur Erzeugung der fetten Stoffe dient, daß die Fette in den Zellen selbst aus Amylum gebildet werden. Die einfache Zusammensetzung mancher Samen kann zur Zeit

über die Fettbildung Licht verbreiten und die Metamorphose von Amylum in Fette erklären.

Bei der Fettbildung müssen, welche Stoffe auch dazu dienen mögen, sehr sauerstoffreiche Körper entstehen, oder selbst Sauerstoff als Gas frei werden. Aber solche sauerstoffreiche Verbindungen sind in den Pflanzen nicht bekannt; wir kennen kein Pflanzenprodukt, welches, aus andern Pflanzenstoffen entstanden, den bei der Fettbildung übrig bleibenden Sauerstoff aufnehmen könnte. Es ist daher ohne Zweifel die Fettbildung eine der vielen Quellen der Sauerstoffentwickelung durch die Pflanzen.

Das aus dem Amylum abgeschiedene Sauerstoffgas kann durch Diffusion nach vielen andern Pflanzentheilen, nach den Blättern durch die Zellenwände oder Luftgefäße geführt werden und von da in die Atmosphäre entweichen.

Eine solche Umsetzung der Elemente des Amylums in dem Samen kann nach folgendem Schema geschehen:

	C	H	O
7 Aeq. Amylum . .	84	140	70
8 Aeq. Wasser . . .		16	8
	84	156	78
1 Aeq. Margarinsäure	34	68	3
1 Aeq. Elainsäure . .	44	80	4
2 Aeq. Lipyloxyd . .	6	8	2
Sauerstoff			69
	84	156	78

Diese Vorstellung gewinnt indessen dann erst einige Wahrscheinlichkeit, wenn bewiesen ist, daß das Fett in den Samen aus Amylum erzeugt wird, und daß nicht zugleich auch andere Körper aus den Elementen des Amylums entstehen. Die einfache Zusammensetzung mancher ölhaltiger

Samen, welche aus Cellulose, Proteinverbindungen und Fetten bestehen, machen übrigens letzteres nicht wahrscheinlich.

Ueberall, wo wir Fette in den Pflanzen finden, anzunehmen, daß sie aus Amylum gebildet sind, ist sehr gewagt. Schon früh finden sich in manchen unreifen Samen Kügelchen von einem fetten Oele, mit Amylumkörnchen gemengt. In den Pollenkörnern findet man Fett, welches ausschwitzt und sich mit Wachs verbindet; überhaupt enthalten die meisten Pflanzentheile mehr oder weniger davon. Ob es immer aus Amylum gebildet wird, ist nicht mit Sicherheit zu bestimmen; aber es ist gewiß, daß das Amylum dazu günstiger Umstände bedarf; denn die an Amylum reichsten Pflanzentheile sind nichts weniger als fetthaltig. Aber wenn das Fett unter günstigen Einflüssen, z. B. unter dem Einflusse der Proteinverbindungen wirklich aus Amylum entsteht, so kann es durch sein Vermögen, sich zu verbreiten und sich durch Capillarität zu vertheilen, leicht nach andern Stellen hingeführt werden, und muß sogar überall dahin durchdringen, wo es an Wasser fehlt, um die Zellenwände feucht zu halten, oder an Eiweiß, womit es sich zu einer festen Verbindung vereinigt. Daher kommt es, daß man es äußerlich auf den Pollenbläschen und in dem Fruchtgehäuse der ölhaltigen Früchte findet, wenn diese anfangen zu trocknen. Ist das Fett in einer wässerigen Flüssigkeit vertheilt, oder dann mit Eiweiß verbunden, so sind die Fettkügelchen zu groß, um durch die Zellenwände zu dringen. Solche Fette bleiben dann an der Stelle, wo sie abgesondert sind, z. B. in der Kokosnuß.

Daß während des Keimens das Amylum durch die Diastase in Dextrin und Zucker verwandelt wird, und daß diese der jungen Pflanze zur Nahrung dienen, ist eine unbestreitbare Thatsache. In den ölhaltigen Samen fehlt Amylum; es ist daher wahrscheinlich, daß in diesen die fetten Oele mit dem Eiweiß die Rolle des Amylums und des Eiweißes

bei den Keimen übernehmen; daß also die Fette in dem Boden eine Zersetzung erleiden und sich in Nahrungsstoffe für die junge Pflanze verwandeln. Aber welcher Art diese sind, ist unbekannt.

Welches Vermögen Eiweiß und Fett zusammen besitzen, chemische Wirkung auf andere Stoffe zu äußern, z. B. Milchzucker in Milchsäure zu verwandeln, hat Lehmann vor Kurzem gezeigt *). In den Pflanzen können demnach jene beiden Stoffe zusammen eine Reihe von Metamorphosen erzeugen, und, wie es scheint, den Zucker in Säuren verwandeln, wie dies wenigstens die Versuche von Lehmann von selbst ergeben. Dabei wird coagulirtes Eiweiß in den löslichen Zustand zurückgeführt, und es kann also wiederum das Fett, welches unter dem Einfluß des Eiweißes Zucker in Milchsäure verwandelt, auf das Eiweiß zurückwirken und es auflöslich machen. Durch diese Wechselwirkung von Fett, Eiweiß und Zucker kann also auch das coagulirte Eiweiß in den Pflanzen in Circulation versetzt werden, während die neutralen Fette dabei nicht immer in correspondirende, sondern auch in andere fette Säuren — Elain z. B. in Buttersäure — verwandelt werden (nach Lehmann). In der That eine wichtige Entdeckung für die Zoochemie. (Siehe Milch.)

Chlorophyll.

Bekanntlich entwickeln nach zuverlässigen Untersuchungen die grünen Pflanzentheile im direkten Sonnenlichte Sauerstoffgas. Diese Thatsache steht in der Wissenschaft ganz isolirt; sie ist noch nicht mit dem in den Pflanzen unaufhörlich vor sich gehenden Stoffwechsel in Zusammenhang gebracht, für dessen Endresultat man sie ohne Zweifel zu halten hat. Es

*) Franz Simon, Beiträge zur Phys. und Path. Chemie, Bd. I. S. 73.

ist wohl natürlich, daß der Sauerstoff von einem oder mehreren Stoffen herrührt, welche sich bald da, wo er sich ausscheidet, bald an andern Stellen befinden; daß ferner seine Entwickelung aus den grünen Pflanzentheilen Folge der Bildung sauerstoffärmerer Körper aus sauerstoffreichern ist, und daß überhaupt nur durch eine derartige Umsetzung der Stoffe Sauerstoff frei werden kann.

Die Pflanzen enthalten solche sauerstoffarmen Stoffe. Wir werden sie späterhin, wo von der Sauerstoffentwickelung durch die Pflanzen speciell die Rede sein wird, genauer betrachten und nachweisen, daß die Ausscheidung dieses Gases von der Bildung jener Substanzen einfache Folge ist. In dem Capitel über die Fette ist bereits (p. 270) davon die Rede gewesen.

Eine fast allgemein in dem Pflanzenreich verbreitete Substanz, das sogenannte Chlorophyll, verdient hier eine specielle Betrachtung. Es ist der färbende Bestandtheil der grünen Blätter und findet sich also, da die grünen Pflanzentheile Sauerstoff entwickeln, grade an der Stelle, wo diese Ausscheidung vor sich geht.

Der Augenschein lehrt, daß die jungen Pflanzentheile viel weniger intensiv grün gefärbt sind, als die ältern; daraus folgt, daß die Quantität des Chlorophylls in den Blättern mit dem Alter zunimmt. Wäre das Chlorophyll ein sauerstoffarmer Körper und aus sehr sauerstoffreichen Stoffen entstanden, so würden die grünen Pflanzentheile schon dadurch allein die Fähigkeit erhalten, Sauerstoff zu entwickeln. Das ist indeß keineswegs der Fall. Das Chlorophyll ist eine sauerstoffreiche Substanz. Demungeachtet gilt der Satz: die Blätter geben Sauerstoffgas, nicht *weil* sie grün sind, sondern *indem* sie grün *werden*.

Diese Behauptung zu prüfen, wollen wir die Geschichte des Chlorophylls in der Kürze durchgehen.

Bereits vor einigen Jahren habe ich eine Untersuchung

darüber angestellt *) und nachgewiesen, daß die Substanz, welche Pelletier, Caventou de Candolle, Macaire Princep, Clamor Marquart und Andere unter den Namen Chlorophyll, Viridin oder Chromyl beschrieben haben, nichts als ein Gemenge von Wachs und reinem grünem Farbstoff ist.

Diese Thatsache ist darum sehr wichtig, weil die Bildung von beiden, nämlich von dem Wachs, einem Fett, und dem damit gemengten grünen Farbstoff mit jener Funktion der Pflanzen, der Sauerstoffentwickelung, in naher Beziehung steht. Das Wachs und Blattgrün haben also einen genetischen Zusammenhang und müssen daher zusammen abgehandelt werden, obgleich sie ihrer chemischen Natur nach wesentlich verschieden sind.

Zieht man grüne Blätter mit Aether aus, so erhält man eine grüne Lösung. Wird der Aether verdampft und der Rückstand mit heißem Alkohol behandelt, so scheidet sich beim Erkalten eine ziemliche Quantität einer weißen fetten Materie, nämlich Wachs, aus, während der grüne Farbstoff aufgelöst bleibt.

Bevor wir zu den Betrachtungen über den reinen grünen Farbstoff übergehen, wird es zweckmäßig sein, einige Worte über das Gemenge von Wachs und Farbstoff voraufzuschicken.

Nur im physiologischen Sinne kann man dieses Gemenge Blattgrün nennen; im chemischen Sinne kommt diese Benennung nur dem reinen grünen Farbstoffe zu. Ersteres will ich mit B, letzteren mit C bezeichnen.

Aehnliche Gemenge von einem wachsartigen Fett und Farbstoffen findet man auch in anderen äußeren Pflanzentheilen, namentlich in der äußern Haut der Früchte, besonders der gefärbten. Diese Fruchthaut ist meistens grün ge-

---

*) Natuur- en Scheikundig Archief, D. II, p. 1, en Nat. Bijdragen, D. VII, S. 1, p. 82.

färbt, wird aber allmälig roth u. s. w. und bekommt dabei immer mehr Härte und oft auch Glanz.

Zieht man die Schalen, z. B. unserer Aepfel, mit Aether aus, so löst sich eine Menge einer wachsartigen Materie darin auf, ein Wachs, welches, je nach der Farbe der Fruchthaut, verschieden gefärbt ist, grau in den Aepfeln, schön orangeroth bei den Vogelbeeren.

Das Wachs der farbigen Obstschalen, der grünen Blätter und unreifen Früchte hat ohne Zweifel denselben Ursprung; aber verschiedene Zusammensetzung.

Der grüne Farbstoff der unreifen Früchte weicht während der Reife einem anders gefärbten Stoffe; wahrscheinlich ist ersterer in letzteren umgewandelt.

Eine Beobachtung von Sennebier *) verdient noch immer besondere Beachtung. Er fand, daß roth und gelb gefärbte Pflanzentheile im Sonnenlichte kein Sauerstoffgas entwickeln, sondern daß nur die grünen Theile diese Eigenschaft besitzen; woraus folgen würde, daß — der erstere Schluß ist jedoch, wie wir gleich sehen werden, unrichtig — der grüne Farbstoff aus Substanzen entsteht, welche Sauerstoff abgeben, und daß er selbst sauerstoffarm ist, während die anders gefärbten Pflanzentheile auf diese Weise nicht entstehen können; ferner, daß die Farbstoffe, welche beim Verschwinden der grünen Substanz übrig bleiben, entweder schon zum Theil mit ihr gemengt waren, oder durch Zersetzung derselben gebildet sind.

Das mit Aether und Alkohol aus den Vogelbeeren extrahirte gefärbte Wachs giebt an Schwefelsäure, Salzsäure, Kali und Natron den Farbstoff ab und wird beinahe weiß. Seinen Eigenschaften nach stimmt es mit dem Cerin überein, und obgleich die Identität durch die Elementaranalyse nicht bestätigt wird, so scheint es doch zu den wachsartigen Kör-

*) Physiologie végétale, Tom. 5, p. 71.

pern zu gehören. Bereits betrachteten wir bei den Fetten (Seite 261) drei verschiedene Wachsarten: Cerin, Myricin und Cerosin. Es giebt davon noch viel mehr; man erhält sie bei der Untersuchung fast der meisten Pflanzentheile, Wurzeln, Rinden u. s. w. Die Classe der wachsartigen Stoffe ist wahrscheinlich eben so groß, als die der Harze, aber leider noch wenig bekannt. Aus den Vogelbeeren und der Wurzelrinde der Aepfelbäume bei der Darstellung von Phloridzin hat man zwei gleiche wachsartige Substanzen erhalten von folgender Zusammensetzung:

$$C_{40}H_{64}O_{10} = 20\ (C_2H_3) + O_8 + 2\ H_2O\ *).$$

Sie stimmen auch in ihren Eigenschaften fast ganz überein.

Aehnliche Wachsarten erhält man aus den Schalen der Aepfel, Trauben, Kalabassen (Cucurbita lagenaria) des spanischen Pfeffers, der Gurken, Apfelsinen und Citronen. Alle jene Stoffe sind, wie die Früchte, verschieden gefärbt und verhalten sich in ihren Reaktionen gleich dem B Blattgrün. Durch Extrahiren mit Aether erhält man eine verhältnißmäßig größere Menge Fett, mit Alkohol mehr Farbstoff, weil dieser in Alkohol, jenes in Aether auflöslicher ist.

Es ist zu bemerken, daß das Wachs **) in der Epider-

---

*) Scheik. Onderz., Deel II, p. 157.

I. ist Wachs aus der Rinde des Aepfelbaumes. II. aus Vogelbeeren.

	I.		II.	
C	69,17	69,16	68,87	69,64
H	8,91	8,85	9,22	9,32
O	21,92	21,99	21,99	21,04

	At.	ber.
C	40	68,67
H	64	8,94
O	10	22,39

**) Wir nennen jene Substanz Wachs, weil sie damit in ihren Eigenschaften viel Aehnlichkeit besitzt. Ihrer Zusammensetzung nach unterscheidet sie sich von dem eigentlichen Wachs durchaus. Das der Epidermis der Früchte scheint die Umwandlung in Cerin und Myricin zu vermitteln.

Seite 261 sind einige Wachsarten angefuhrt; aber es scheint deren

mis der Früchte in der Zeit entsteht, wo diese grün werden, und daß es nach der Veränderung des grünen Farbstoffs während der Reife darin zurückbleibt. Nehmen wir hinzu, daß die gefärbten Herbstblätter einen ähnlichen Fettstoff in ziemlicher Menge enthalten, wie die Früchte und grünen Blätter; daß die im Herbst roth werdenden Blätter Gewächsen angehören, welche rothe Früchte tragen, und daß die Pflanzen, welche im Herbst gelbe Blätter bekommen, meist gelb gefärbte Früchte haben, so kann über den Ursprung des rothen und gelben Farbstoffs aus dem C Chlorophyll kein Zweifel mehr sein.

Wie sehr die Umwandlung des C Blattgrüns in den Farbstoff der reifen Früchte von dem Einflusse des Lichtes abhängt, erhellt daraus, daß die Früchte, wo sie von der Sonne nicht hinlänglich beschienen werden, die allgemeine grüne und an der Sonnenseite eine andere Farbe haben, während dagegen Blätter, denen das Licht entzogen wird, bleichen und unter Einwirkung des direkten Sonnenlichtes eine bedeutende Quantität B Blattgrün erhalten. Diese wesentliche Verschiedenheit in der Einwirkung des Lichtes auf die Früchte und Blätter hat dieselbe Ursache, der die Färbung der Blätter im Herbste zugeschrieben werden muß. Jene Erscheinungen beruhen nämlich darauf, daß das Licht nur dann B Blattgrün hervorbringen kann, wenn der Stoff, woraus es immer aufs Neue gebildet wird, in hinlänglicher Quantität vorhanden ist, um das durch das Licht zerstörte Blattgrün immer zu ersetzen. Denn sobald jener Vorrath erschöpft ist, verschwindet das Chlorophyll und andere nicht grüne Farbstoffe treten zum Vorschein.

Das Licht hat in hohem Grade das Vermögen, die Pflanzentheile grün zu färben, und wirkt im gleichen Maaße

---

viel mehr zu geben. So fand z. B. Solly (London and Edinb. Phil. Mag. 1837, II, p. 452) in dem Safte des Kuhbaums eine eigenthümliche wachsartige Substanz, welche er Galaktin nennt.

zersetzend auf alle Farbstoffe, selbst das C Blattgrün nicht ausgenommen. Kaum sind Spargel, Kartoffeln, die jungen Blätter der sich öffnenden Knospen u. s. w. dem Sonnenlichte ausgesetzt, so werden sie grün. Es muß also ein in der Pflanze allgemein verbreiteter Stoff zur Bildung des Blattgrüns Gelegenheit geben, ein Stoff, der auch da vorhanden ist, wo keine grüne Farbe sichtbar ist, in Theilen, die dem Lichte unzugänglich sind. Diese Veränderung findet nicht nur an der Oberfläche Statt, sondern auch so weit unterhalb derselben, als das Licht durch die halb durchscheinenden Pflanzentheile mehr oder weniger hindurchdringen kann. Daher kommt es, daß man fast in allen Theilen der krautartigen Pflanzen B Blattgrün findet und am meisten in den Blättern, die bei ihrer großen Oberfläche der Einwirkung des Lichtes vorzugsweise ausgesetzt sind.

Es giebt Pflanzen, welche gesprenkelte, gefleckte oder sogar auch anders, als grün gefärbte Blätter haben; ferner andere, welche überhaupt nicht gefärbt und also auch nicht grün sind. Dies Alles führt zu dem Schluß, daß in der ganzen Pflanze oder in den Theilen derselben, welche nicht grün gefärbt sind, die Stoffe fehlen, woraus das Chlorophyll entsteht. Oftmals sieht man des Sommers, während das ganze Blatt grün ist, durch Insektenstiche einen einzigen Fleck roth gefärbt. Der Hagelschlag, der eine örtliche Quetschung des Blattes hervorbringt, bewirkt eine ähnliche Färbung. Der grüne Farbstoff dieser Stellen wird durch das Licht zersetzt, und aus den noch vorhandenen Stoffen keine neue Quantität desselben mehr erzeugt; in der Regel nimmt dieser Theil des Blattes dieselbe Farbe an, welche das ganze Blatt im Herbste bekommen würde. Daraus können wir schließen, daß die herbstliche Färbung der Blätter durch eine chemische Veränderung des grünen Farbstoffes durch das Licht bewirkt wird, ohne daß irgend eine Funktion der Pflanze daran Antheil nimmt.

Die anders als grün gefärbten Blätter sind es entweder in Folge eines allgemeinen in den Pflanzensäften vorhandenen Farbstoffes, oder es bildet sich eine solche Substanz nur an gewissen Stellen, ohne daß in anderen Theilen eine Spur davon angetroffen wird. So findet man bei vielen Pflanzen die untere Seite der Blätter nicht grün, sondern anders gefärbt, oder gefleckt. Das Gelb sieht man in Blättern, die man folia picta, maculata, punctata nennt, in den verschiedensten Nüancirungen. Ilex aquifolium ist in dieser Hinsicht besonders merkwürdig; es hat bald grüne Blätter mit gelbem Rande, bald gelbe Blätter mit grünem Rande. Aucuba japonica hat abwechselnd grüne und gelbe Fleckchen, Celtis australis grüne Blätter mit gelben Streifen auf den Adern; Carduus marianus gleichfalls. Solche Stellen sind in dem Zustande der gelben Herbstblätter, wenn jene früher grün gewesen sind, oder ist dies nicht der Fall, so fehlte vom Anfang der Entwickelung des Blattes an der Stoff, woraus die grüne Farbe erzeugt wird, wie man dies z. B. bei Arum pictum deutlich sehen kann. Manche der gestreiften oder auf andere Weise gelb gefärbten Blätter werden vollkommen grün, sobald die Pflanze besser genährt wird.

Aehnliche Abwechselung, wie zwischen Gelb und Grün, findet man auch zwischen Roth und Grün, in welchem Falle übrigens nothwendig zwei Farbstoffe vorhanden sein müssen. Rubus rosaefolius hat grüne Blätter mit schmalem rothen Rande; die von Maranta zebrina sind unten braunroth, oben grün und mit gelben Streifen versehen. Maranta bicolor ist in dieser Hinsicht besonders interessant.

Diese Verschiedenheiten, welche mit der herbstlichen Färbung in einem ursächlichen Zusammenhange stehen, finden darin eine Erklärung, daß der ursprünglich überall vorhandene grüne Farbstoff an den anders gefärbten Stellen durch das Licht zersetzt und nicht erneuert wird. Dieselbe Erscheinung bietet Fagus sylvatica var. purpurea dar, wo mit dem

Blattgrün gleichzeitig ein rother Farbstoff vorkommt, der offenbar durch die Wirkung des Lichtes erzeugt wird, da das Grün in dem Maaße abnimmt, als die Blätter mehr von der Sonne beschienen werden. Die weiße Lilie ist anfangs grün.

Die meergrüne Farbe, color glaucus, entsteht durch eine dünne Schicht Wachs, womit die grünen Blätter überzogen sind. Taucht man die Blätter von Echium fastuosum und von Sedum dasyphyllum einige Augenblicke in Aether oder Alkohol, so werden sie grün: sie verlieren die dünne Wachsschicht, welche die Oberfläche bedeckte. Der Thau färbt das Gras aus demselben Grunde meergrün, während die kleinen Tautröpfchen selbst unsichtbar sind.

Die Menge des Wachses, welche auf diese Weise auf den Blättern vorkommt, ist bei manchen bedeutend, z. B. bei Ceroxylon; es findet sich ebenfalls auf den Trauben, Birnen und anderen Früchten, besonders bei Myrica cerifera; in größter Menge fand ich es auf der äußersten Oberfläche der Brakteen von Musa paradisiaca. Auf den Blättern vieler Arten von Encephalarctos liegt eine dicke Wachsschicht (Miquel).

Nach dieser Aufzählung von Beispielen, welche uns von dem gleichzeitigen Vorkommen des Wachses mit einem grünen Farbstoffe in den Blättern und unreifen Früchten; mit einem rothen Farbstoffe in den rothen Herbstblättern und rothen Früchten; und mit einem gelben Farbstoffe in den gelben Herbstblättern und gelben Früchten überzeugen, wollen wir einige Versuche von Berzelius *) über die Natur des reinen grünen Farbstoffs der Blätter mittheilen.

Berzelius hat zu jenen Versuchen die Blätter von Sorbus Aria genommen; ich habe sie mit Wein-, Syringen-

---

*) Annalen der Pharmacie, Bd. 27, p. 296.

und Pappel-Blättern und mit Gras wiederholt und genau dieselben Resultate erhalten.

Frische Blätter gaben, mit Aether ausgezogen, eine dunklere Auflösung, als getrocknete; letztere ist mehr oder weniger gelblich gefärbt; sie verhält sich übrigens so wie die der ungetrockneten Blätter, nur liefert sie weniger reines Blattgrün.

Wird die ätherische Lösung bis zu einem geringen Rückstand verdampft, so setzt sich eine Substanz ab, welche mit Alkohol so lange ausgezogen wird, bis er anfängt, sich gelblich zu färben. Die Lösung in Alkohol wird verdunstet, und was zurückbleibt, aufs Neue mit heißem Alkohol behandelt. Beim Abkühlen scheidet sich eine große Menge Wachs aus, welches man abfiltrirt; über seine Zusammensetzung wird weiter unten die Rede sein.

Die grüne Alkohol-Lösung zur Trockne verdampft, hinterläßt eine Materie, welche von concentrirter Salzsäure aufgelöst und daraus durch Wasser niedergeschlagen wird; sie färbt es beim Auswaschen gelb. Das so gereinigte Blattgrün ist in Alkohol und Aether nur schwierig löslich; es ertheilt ihnen eine schwarzgrüne Farbe und macht sie undurchsichtig. Von concentrirter Kalilauge wird es mit einer schönen grasgrünen Farbe größtentheils gelöst und hinterläßt eine schwarze Substanz. Diese Lösung, mit Essigsäure übersättigt, läßt das Blattgrün wieder fallen. Man erhält so das reine Chlorophyll; es schmilzt nicht bei 200°, aber löset sich auch nach dem Erhitzen fast ganz in Salzsäure und Kali mit schön grasgrüner Farbe.

Das reine C Blattgrün läßt sich aus seiner Auflösung in Salzsäure durch kohlensauren Kalk ausscheiden. Es ist in Wasser unlöslich; in Alkohol mit grüner Farbe, welche sich mehr oder weniger ins Blaue zieht, auflöslich, wenn der Farbstoff zuvor getrocknet war, wobei er eine Veränderung zu erleiden scheint. Er verhält sich gegen Aether wie gegen

Alkohol. Von concentrirter Schwefelsäure wird er mit einer schön grünen Farbe gelöst und durch Wasser daraus gefällt; eben so von Salzsäure; sie läßt dabei eine geringe Portion einer blaßgelben Materie ungelöst zurück, die Berzelius Xanthophyll nennt und welche die gelbe Färbung der Blätter im Herbste verursacht. In dem C Blattgrün, wie es im Sommer in den frischen Blättern vorkommt, ist jener gelbe Stoff nicht vorhanden; er kommt erst dann zum Vorschein, wenn das Chlorophyll zersetzt wird.

Chlor durch die salzsaure Auflösung des reinen Blattgrüns geleitet, entfärbt dieselbe, und es setzen sich weiße Flocken ab, die sich zum Theil in Aether lösen. Die in Aether löslichen und unlöslichen Stoffe sind beide fettartiger Natur. Das Chlor scheint also das vom Wachs befreite Blattgrün, d. i. den reinen grünen Farbstoff in Wachs und eine andere fette Substanz zu verwandeln; eine Metamorphose, welche entweder auf einer Oxydation oder auf Entziehung von Wasserstoff beruht. Jedenfalls nehmen wir daraus ab, daß das Wachs der Blätter zum Theil aus dem reinen Blattgrün erzeugt werden kann.

Das C Chlorophyll ist in Essigsäure löslich; Salpetersäure färbt es unter Gasentwickelung gelb. Kali und Ammoniak lösen es mit schöner grüner Farbe, ebenfalls kohlensaures Kali und kohlensaures Ammoniak. Aus einer Auflösung in Alkohol wird es durch essigsaures Blei gefällt.

Das C Blattgrün der getrockneten Blätter ist in mancher Hinsicht von dem der frischen Blätter verschieden; es stimmt in seinen Eigenschaften mit dem Theil des Farbstoffs der letzteren überein, welcher in Aether aufgelöst bleibt und von Alkohol nur schwierig aufgenommen wird. Erwägen wir, daß das Blattgrün an der Luft zum Theil in Gelb verwandelt wird, und daß die an der Luft getrockneten Blätter weniger Chlorophyll und mehr von dem gelben Farbstoffe enthalten (nach Versuchen von Berzelius), so ist

nichts natürlicher, als die Annahme, daß jene Umwandlung unter Aufnahme von Sauerstoff vor sich geht; dies ist indessen nicht der Fall; im Gegentheil sind es desoxydirende Mittel, welche den gelben Farbstoff erzeugen.

Bei dem Vertrocknen der Blätter und bei dem Verschwinden des reinen Blattgrüns an der Luft scheint sich ein Theil in neue Produkte zu zerlegen; da indessen der aus einer salzsauren Auflösung des reinen Chlorophylls durch Chlor gebildete gelbe Stoff eine Art Fett ist, so muß ein Theil des Wachses, welches wir mit dem reinen Blattgrün gemengt finden, ein Zersetzungsprodukt desselben sein, und zwar ein solches, welches sich bildet, wenn ein Theil der Elemente des Chlorophylls desoxydirt wird. Bringen wir hiermit die gelbe Färbung der Blätter im Herbste und deren bedeutenden Wachsgehalt in Zusammenhang, so muß uns klar werden, daß letzteres durch eine chemische Veränderung des Blattgrüns gebildet wird. Es verdient daher jener gelbe, von Berzelius gleichfalls genau beschriebene Stoff besondere Beachtung.

Der im Aether aufgelöste und darauf beim Behandeln mit Alkohol zurückgebliebene Theil des C Blattgrüns, wovon getrocknete Blätter sehr viel enthalten, wird in Aether aufgelöst und Salzsäure hinzugefügt. Es entstehen dabei zwei Schichten, eine das Wachs enthaltende gelbe Aetherschicht und eine saure grüne. In der letzteren schwimmt viel von einem dunkelgrünen Fett; dieses wird filtrirt und mit Salzsäure gewaschen. Die salzsaure Auflösung läßt nach dem Sättigen mit kohlensaurem Kalk Blattgrün fallen, welches wieder mit Salzsäure gewaschen und gekocht zum größten Theil sich auflöst und eine schwarze Materie zurückläßt. Wird die Säure mit kohlensaurem Kalk neutralisirt, so scheidet sich das Blattgrün mit einer gelblich grünen Farbe ab, während sich die zuvor grüne Flüssigkeit blau färbt; eine Erscheinung, der wir schon oben gedachten und welche besonderes Interesse

hat, weil bekanntlich aus Blau und Gelb Grün entsteht und man bei vielen Früchten, welche ursprünglich grün waren, später eine blaue Färbung beobachtet; endlich weil der gelbe Farbstoff, welcher in den an der Luft getrockneten Blättern in so bedeutender Quantität gefunden wird, wohl nicht anders als durch das Trocknen, d. h. durch eine chemische Veränderung des Blattgrüns während des Trocknens entstanden sein kann. Unter die Zersetzungsprodukte von reinem C Chlorophyll gehört also eine blaue und eine gelbe Substanz.

Dies Gemenge von dem gelben und blauen Farbstoffe der getrockneten Blätter stimmt in seinen Eigenschaften fast genau mit dem Blattgrün frischer Blätter überein; nur wird es aus der Auflösung in Salzsäure nicht wie das der frischen Blätter gefällt.

Die schwarze Materie, wovon so eben die Rede war, zieht rasch aus der Luft Feuchtigkeit an. Schwefelsäure löset sie mit einer Farbe auf, welche aus Braun, Gelb und Grün zusammengesetzt ist. Fast eben so färbt sie alle die Flüssigkeiten, welche reines Blattgrün auflösen. Sie ist ein drittes Zersetzungsprodukt des C Chlorophylls.

Aus diesen Versuchen von Berzelius, welche ich wegen der Natur der Farbenverschiedenheit der Blätter absichtlich ausführlicher mitgetheilt habe, — jene Mannigfaltigkeit läßt sich leicht mit Hülfe einiger wenigen Farbstoffen erklären, die verschiedenen Einflüssen ausgesetzt sind — folgt zunächst, daß der grüne Farbstoff der Blätter sehr leicht in drei Stoffe zersetzt wird: in einen gelben, einen blauen und einen schwarzen; daß aus den verschiedenen Verhältnissen, in denen jene drei Farbstoffe mit dem Chlorophyll gemengt sind, die mannigfachen Nüancirungen des Grüns entstehen, und daß also letztere nicht bloß auf dem größern oder geringern Gehalt an Blattgrün beruhen, sondern auch von der Mischung jener drei Farbstoffe mit demselben abhängen. Es ist

dem Maler wohl bekannt, wie man aus Blau, Gelb und Schwarz allerlei Arten des Grüns hervorbringt. Blattgrün, welches sich bereits in jene drei Substanzen zerlegt hat, kann also demungeachtet ein Blatt noch immer grün färben.

Die Blätter besitzen von dem reinen C Chlorophyll eine äußerst geringe Quantität, und nach Berzelius eben nicht mehr, als gefärbte Zeuge von dem Farbstoffe enthalten.

Eine Auflösung des reinen Blattgrüns dem Sonnenlichte ausgesetzt, färbt sich nach wenigen Stunden gelb. Eine salzsaure ätherische Lösung desselben, in einer zur Hälfte damit gefüllten Flasche fünf Monate lang aufbewahrt, hatte seine Farbe ganz verloren und war ebenfalls gelb geworden (Berzelius). Diese Versuche sind sehr wichtig; sie beweisen erstens die Zersetzung des grünen Farbstoffes mit Hinterlassung eines gelben, wobei also die blaue und schwarze Substanz zerstört werden, sowohl unter dem Einflusse des Lichtes als ohne Mitwirkung desselben; und ferner eine wahrscheinlich ähnliche fortdauernde Zersetzung und Regeneration des Chlorophylls in den grünen Blättern unter dem Einflusse des Lichtes.

Die fortwährende Umwandlung des grünen Farbstoffs kann zum Theil die Bildung des Wachses veranlassen; denn die Menge des letztern ist um so größer, je später im Sommer man die Blätter untersucht. So lange jene Regeneration fortdauert, bleiben die Blätter grün; hört sie auf, so werden sie gelb, wie es im Herbste geschieht. Die Erfahrung, daß das Sonnenlicht die grüne Farbe einer Auflösung des reinen Blattgrüns in Gelb verwandelt, lehrt, daß der durch den Einfluß des Lichtes gebildete grüne Farbstoff durch das Licht auch wieder zersetzt wird. Dadurch ist die fast gleichzeitige Entstehung und Vernichtung des grünen Farbstoffes hinlänglich außer Zweifel gestellt.

Interessant ist das Auftreten einer blauen Substanz während der Zersetzung des Blattgrüns. Ich erhielt davon

die größte Quantität, als ich reines aus der salzsauren Lösung durch kohlensauren Kalk gefälltes Chlorophyll mit verdünnter Salzsäure auswusch. Die schwach saure Lösung enthielt nichts von einem grünen Farbstoff, sondern war sehr schön indigblau gefärbt. Jener blieb auf dem Filter zurück.

Ohne Zweifel ist es derselbe blaue Farbstoff, der in den Häuten mancher Früchte vorkommt, z. B. in den Trauben. Aber wie er aus dem Chlorophyll entsteht, und wo in diesem Falle der gelbe Farbstoff bleibt, ist unbekannt; stark oxydirende Agentien zerstören das Chlorophyll ganz und gar, desoxydirende ebenfalls. Es ist also das Blattgrün zugleich eine sehr beständige und sehr veränderliche Substanz, welche in der Pflanze zu vielerlei Zwecken verbraucht wird.

Wenn wir erwägen, daß der grüne Farbstoff nur unter dem Einfluß des Lichtes entsteht, und daß zugleich durch die Einwirkung des Lichtes auf die Pflanzen Sauerstoff ausgeschieden wird, so werden wir von selbst darauf geführt, einen ursächlichen Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen anzunehmen. Junge Pflanzen werden im Dunkeln nicht grün; dem Lichte ausgesetzt, färben sie sich aber um so intensiver grün, je mehr sie von der Sonne beschienen werden.

Man würde indessen irren, wenn man daraus schließen wollte, daß, wie die mit dem C Blattgrün gemengten sauerstoffarmen Körper (das Wachs), so auch der grüne Farbstoff selbst aus den allgemeinen Pflanzentheilen, z. B. dem Amylum unter Abscheidung von Sauerstoff erzeugt wird (siehe p. 270). Im Gegentheil wird nach den Versuchen von Berzelius bei der Bildung des Chlorophylls Sauerstoff absorbirt, und erst bei seiner Entfärbung Wasserstoff assimilirt oder Sauerstoff ausgeschieden.

Hinsichtlich des Vermögens, oxydirt und desoxydirt zu werden, läßt sich das Blattgrün mit dem Indigo vergleichen.

Berzelius hat reines C Blattgrün in Salzsäure aufgelöst und der Einwirkung von Wasserstoff im statu nascenti ausgesetzt, indem er in jene Lösung ein Stück Zink legte und die atmosphärische Luft durch ein Gasleitungsrohr, welches unter Wasser mündete, ausschloß. Der sich entwickelnde Wasserstoff veränderte die grüne Farbe vollkommen in Gelb. Beim Verdunsten der gelben Flüssigkeit in einem offenen Gefäße färbte sie sich allmählig wieder grün, doch nicht so intensiv wie vorher. Wärme stellt die grüne Farbe nicht wieder her, sondern verwandelt die grüne Substanz in eine rothe.

Die Erzeugung des rothen Farbstoffs aus dem grünen ist deshalb von Wichtigkeit, weil im Herbste die Blätter mancher Gewächse, anstatt gelb, roth werden. Aber es ist noch kein Zusammenhang zwischen der aus der salzsauren Lösung zurückgebliebenen rothen Substanz und dem rothen Farbstoff der Blätter im Herbst nachgewiesen; und obgleich letzterer wahrscheinlich durch den Einfluß eines Alkali und unter Absorbtion von Sauerstoff aus dem Chlorophyll entsteht und um so weniger Wachs erzeugt wird, so ist doch der Beweis noch nicht geliefert *).

Ueber den rothen Farbstoff der Blätter im Herbste sind ebenfalls von Berzelius einige Versuche angestellt **). Er macht darauf aufmerksam, daß, während viele Pflanzen im Herbste gelbe Blätter haben, gerade diejenigen, welche rothe Früchte tragen, rothe Blätter bekommen. Der Farbstoff der Kirschen und Johannisbeeren ist nach ihm demjenigen gleich, welchen er aus den roth gewordenen Blättern der Kirschbäume oder Johannisbeersträuche abgeschieden hat. Auch fand er, daß beide Früchte denselben Farbstoff besitzen.

---

*) Ich habe bei der Wiederholung der Versuche von Berzelius genau dieselben Resultate erhalten.

**) Annalen der Pharmacie, Bd. 21, p. 262.

Er ist in Wasser und Alkohol in jedem Verhältniß löslich, unauflöslich in Aether; seine wässrige Auflösung verträgt Abdampfen durch Wärme nicht, ohne braun und weniger auflöslich zu werden. In seiner Auflösung ist er schön roth, giebt aber mit Kalkmilch vermischt einen graugrünen Niederschlag. Berzelius schließt hieraus, daß er nicht, wie man gemeint hat, eine Verbindung von einem blauen Farbstoff mit einer Säure ist. Wird übrigens der Farbstoff, so unrein als er bei der Behandlung der Fruchthüllen mit Wasser erhalten wird, und also mit Aepfelsäure und Citronensäure verunreinigt, mit essigsaurem Blei gefällt, so erhält man einen hellblauen Niederschlag. Da nun Ammoniak den rothen Farbstoff braun färbt, so scheint der Versuch mit Kalk eher eine Zersetzung unter dem Einfluß des Alkalis anzudeuten. Der rothe Farbstoff aus Vogelbeeren gab mit essigsaurem Blei einen grünen Niederschlag, was also wiederum auf ein Gemenge von Gelb und Blau hinweist.

In den rothen Herbstblättern der Kirschen und Johannisbeeren fand Berzelius außer dem rothen Farbstoffe Wachs und Fett. Letztere werden niedergeschlagen, wenn man ihre alkoholische Lösung mit Wasser versetzt, wobei der rothe Farbstoff aufgelöst bleibt. Die wässrige Auflösung giebt mit essigsaurem Blei einen grünen, nach einigen Augenblicken graubraun werdenden Niederschlag. Der Farbstoff wird durch Schwefelwasserstoff vom Blei getrennt, und seine Auflösung im luftleeren Raume verdampft; er verhält sich bis auf kleine Unterschiede dem Vorigen gleich. Aus den gelben frischen Herbstblättern zog Berzelius mit Alkohol einen gelben Farbstoff aus, gemengt mit einem Fett, welches nur zum Theil durch ein Alkali verseift werden konnte (Wachs).

Den gelben Farbstoff selbst hat Berzelius nicht ganz frei von diesem Fett erhalten können; er ist im Wasser unauflöslich, in Alkohol und Aether löslich; an der Luft wird er gebleicht. Aus seiner Auflösung in Alkalien kann er durch

Säuren niedergeschlagen werden. Berzelius hält ihn für eine Substanz, die zwischen Oel und Harz in der Mitte steht, und nennt sie Xanthophyll.

Aus dem Mitgetheilten geht deutlich hervor, daß das C Blattgrün ein eigenthümlicher Körper, und vom Wachs oder den Fetten ganz verschieden ist; daß es in einen gelben, schwarzen oder blauen Farbstoff zerlegt werden kann, und daß es, mit diesen gemengt, in vielen Blättern vorkommt; daß aus jenem Gemenge das verschiedene Grün der Blätter entsteht; daß oxydirende und desoxydirende Körper es zersetzen und zuletzt entfärben; und daß daraus unter dem Einfluß desoxydirender Substanzen Wachs entsteht, obschon dasjenige, welches in den Blättern vorkommt, größtentheils einen anderen Ursprung hat.

Was nun das reine C Chlorophyll betrifft, so ist nur eine einzige Art, namentlich von Pappelblättern (Populus tremula) der Analyse unterworfen, und dies nur mit einer sehr geringen Quantität, so daß wir von seiner Zusammensetzung eine nichts weniger als genaue Kenntniß besitzen.

Die Analyse hat gegeben:

$$C_{18} H_{18} N_2 O_8 \; ^{*)}$$

Bestätigt sich diese Zusammensetzung des Chlorophylls, wozu indessen wiederholte Analysen desselben von verschiedenen Blättern nöthig sind, so schließt es sich an die indigoartigen Körper an. Das durch Wasserstoff im statu nascenti

*) Scheik. Onderz. Deel II.

	gef.	At.	ber.
C	55,51	18	55,81
H	4,82	18	4,56
N	6,68	2	7,19
O	32,99	8	32,54

entfärbte Chlorophyll würde dann ein Hydrür des grünen sein:

$C_{16}\ H_{10}\ N_2\ O_2$ blauer Indigo,

$C_{16}\ H_{12}\ N_2\ O_2$ weißer Indigo.

Aus der obigen Zusammensetzung läßt sich folgern, daß das Chlorophyll unter desoxydirenden oder Wasserstoff entbindenden Einflüssen in den Pflanzen aus Grün weiß wird.

Das grüne C Chlorophyll, ein sauerstoffreicher Körper, giebt bei seiner Entstehung keinen Sauerstoff ab, sondern bedarf dessen vielmehr, um ursprünglich farblos, grün gefärbt zu werden. Es ist nämlich überall in den Pflanzen wahrscheinlich als weißes Chlorophyll vorhanden und wird erst unter dem Einfluß des freien Sauerstoffs grün; umgekehrt wird das grüne Chlorophyll bei seiner weiteren Färbung desoxydirt, oder es verbindet sich mit Wasserstoff, gleichwie der Indigo durch schwefelsaures Eisenoxydul sich in weißen Indigo verwandelt; aber es verschwindet nicht.

Ueber die Constitution des reinen C Blattgrüns läßt sich, so lange seine Zusammensetzung nicht feststeht, nichts mit Sicherheit ausmachen; ebensowenig über seine Veränderung in die gelbe, blaue und schwarze Substanz, wovon wir oben gesprochen haben.

Die Färbung der Blätter im Herbste ist eine Erscheinung, welche besondere Beachtung verdient. Wenn das Leben der Pflanze abnimmt, werden die meisten Blätter gelb, manche roth, andere braun. Die letzte Färbung beobachtet man besonders bei nicht sehr grünen saftreichen Blättern; sie ist Folge einer Humusbildung, einer Zersetzung des Pflanzenzellenstoffs in Ulminsäure, wodurch alle anderen Farbstoff der Blätter verdeckt werden.

Die gelbe und rothe Färbung der Blätter im Herbste ist es also, worauf wir besonders unsere Aufmerksamkeit zu richten haben. Schon Robinet und Guibourt *) haben

---

*) Journal de Chimie Med. 1827. Avril, p. 161.

die Bemerkung gemacht, daß Gewächse, welche rothe oder blaue Früchte tragen, im Herbst rothe Blätter bekommen; so die Blätter des Weinstockes, welcher blaue Trauben giebt, während der mit weißen Trauben meist gelbe Blätter erhält. Diese interessante Beobachtung wird durch viele Beispiele bestätigt. Sie führt zunächst zu dem Schluß, daß die gelbe Färbung der Blätter eine andere Ursache hat als die rothe.

Die Stelle, von der die Färbung der Blätter im Herbste ausgeht, ist bei verschiedenen Pflanzen verschieden. Bei manchen beginnt sie an der Spitze, bei anderen an den Rändern oder in der Nähe der Nerven, noch andere bekommen gefärbte Flecken; an der Spitze bei Plantago lanceolata; an den Rändern bei Lythrum Salicaria; an den Nerven bei Fuchsia multiflora; gefleckte Blätter hat Ribes nigrum. Dieser Farbenwechsel tritt ein, sobald kein neuer grüner Farbstoff mehr abgeschieden oder bereitet wird, wenn der Stoffwechsel in dem Blatte aufhört.

In Betreff der Jahreszeit, in der die Blätter ihre grüne Farbe verlieren, herrscht bekanntlich eine große Verschiedenheit. Sie färben sich früher, wenn die Temperatur bedeutend abnimmt, oder eine starke Trockniß die Funktionen der Pflanze frühzeitig vermindert. Selbst bei Blättern derselben Pflanze findet ein Unterschied Statt. Crataegus indica hat einzelne rothe Blätter, und Olea europaea einzelne gelbe, während die Masse noch grün ist. Dies Alles deutet auf eine Verschiedenheit in der Funktion eines jeden Blatttheilchens und der einzelnen Blätter.

Durch desoxydirende Stoffe ist man nicht im Stande, die gelbe Herbstfarbe in Grün zu verwandeln. Es ist Wachs, verbunden mit einer gelben Substanz, welches übrig bleibt, wenn das reine C Chlorophyll durch das Licht zersetzt wird, und das Blau und Schwarz (s. p. 284) in farblose Stoffe verwandelt sind. Ganz anders verhält es sich mit dem rothen Farbstoffe der rothen Herbstblätter, welcher ebenfalls

mit Wachs verbunden ist. Die alkoholischen Lösungen der rothen Herbstblätter von Azalia pontica, A. rosea, Vitis hederacea werden unter dem Einfluß desoxydirender Stoffe, wie schwefelsaures Eisenoxydul, sämmtlich grün. Dieselbe Veränderung erleiden auch die rothen Farbstoffe, welche während des Sommers in den Blättern selbst bereitet werden. Die braunrothe Farbe der Blätter von Fagus sylvatica var. purpurea wird durch schwefelsaures Eisenoxydul in ein schönes Grün verwandelt *).

Säuren oder Alkalien vermögen diese Farbe nur dann zu verändern, wenn sie concentrirt sind.

Die Identität des rothen Farbstoffes der Fruchthaut und der Herbstblätter scheint mir aus vielen Versuchen erwiesen. Beide sind selbstständig, unabhängig von Säuren oder Alkalien, und die Behauptung von Macaire Prinsep, daß die rothe Färbung der Blätter im Herbst durch eine Säure, welche sich in den Blättern entwickele, veranlaßt werde, ist vollkommen unrichtig, ebenso, daß der rothen Färbung eine gelbe voraufgehe. Es existirt auch kein sogenannter Zusammenhang zwischen der Farbe der Blumen und der der Herbstblätter und Früchte, wie Robinet und Guibourt zu finden geglaubt haben; eben so wenig zwischen den rothen und andern Farbstoffen, welche in manchen Pflanzen allgemein verbreitet vorkommen. Ueber die rothe Färbung der Blätter im Herbste läßt sich übrigens nichts mit Bestimmtheit feststellen, weil die chemische Zusammensetzung der im Herbste in den rothen Blättern vorhandenen Stoffe unbekannt ist. So viel ist indessen gewiß, daß das C Chlorophyll dabei ganz und gar zersetzt und in neue Produkte verwandelt wird. Die gelbe Färbung

*) Ich meine übrigens damit nicht, daß dabei wirklich C Blattgrün gebildet wird. Eine rothe alkoholische Lösung von Johannisbeeren, mit Salzsäure vermischt, wird durch Zink ganz entfärbt, und keineswegs grün.

beruht wahrscheinlich auf einer Desoxydation des C Chlorophylls.

H. Mohl *) ist übrigens der Ansicht, daß das Chlorophyll zu der rothen winterlichen Färbung der Blätter in keiner Beziehung steht, wohl aber mit der Farbe der Früchte. Die Kälte stört die Funktion der Blätter, und so wie dieselben im Licht durch Kälte roth werden, so röthen sich nach Mohl die Früchte durch die Wärme. Mohl erklärt die Bildung des rothen Farbstoffs der Herbstblätter nicht aus verändertem Chlorophyll, weil er in den rothen Blättern unveränderte Chlorophyllkörnchen wahrnahm. Indessen ist nicht zu verkennen, daß beim Ausziehen der ganz rothen Herbstblätter mit Aether fast gar kein Chlorophyll, sondern statt dessen eine rothe Auflösung erhalten wird; es ist aber bekannt, daß ein wenig Chlorophyll eine große Menge Aether grün färbt.

Decaisne †) hat eine Umwandlung des Chlorophylls im Krappfarbstoff nachgewiesen, dessen Farbe ursprünglich gelb ist und durch feuchten Sauerstoff in Roth übergeht. Es ist also wahrscheinlich, daß viele Farbstoffe der Pflanzen aus dem C Chlorophyll entstehen, oder wenigstens aus denselben Stoffen, woraus sich das C Chlorophyll bildet.

Die Entstehungsweise des B Chlorophylls haben sich die Pflanzenphysiologen auf sehr verschiedene Weise vorgestellt. Viele haben sie für grünes Amylum, Andere für grüne Bläschen gehalten, Andere für farblose mit einer grünen Flüssigkeit gefüllte Bläschen, welche nach Einigen an den Wänden der Zellen haften, nach Andern in dem Pflanzensafte ebenso wie die Blutkörperchen in dem Blute sich bewegen.

---

*) Diss. Untersuchungen über die winterliche Färbung der Blätter. 1837.

†) Recherches Anatomiques et Physiologiques sur la Garance. 1837.

Hugo Mohl verdanken wir, wie mir scheint, die genauesten Beobachtungen *).

Nach Mohl ist der Pflanzensaft nicht grün, sondern immer farblos oder roth. Erscheint er unter dem Mikroskop grün, so rührt dies daher, daß ein wenig Chlorophyll das grüne Licht durch die Stoffe hin zurückwirft, welche unter demselben betrachtet werden. In diesem Safte kommt das Chlorophyll als eine grüne Gallerte vor, bald in einer bestimmten Form, bald formlos, körnig, oft die inneren Zellenwände bedeckend.

In den Conferven findet man besonders das formlose Chlorophyll, in den Phanerogamen das formlose mit dem körnigen in derselben Zelle vermengt; oder das formlose bildet ein Anhängsel von dem körnigen, oder endlich sind die Chlorophyllkörnchen in einer gallertartigen Chlorophyllmasse vertheilt. Die Quantität der letzteren ist oft so gering, daß sie nur als eine das Körnchen umgebende Wolke erscheint, oder die Gestalt von daran haftenden Fasern besitzt. Diese findet man besonders in den sogenannten Fettpflanzen.

Besteht es aus Körnchen, so haften diese lose an der Zellenwand, mitunter bewegen sie sich alle, oder wenigstens manche frei in dem Zellensaft. Vermöge dieser Chlorophyllkörnchen hat man in Valisneria spiralis und Stratiotes aloides die Bewegung der Flüssigkeit in den Zellen wahrgenommen. Endlich findet man oft einige Chlorophyllkörnchen mitten in der Zelle zu einer dritten Masse vereinigt.

Mohl unterscheidet Chlorophyllkörnchen und Körnchen, welche in dem Chlorophyll liegen. Letztere sind Kügelchen ohne Hülle, regelmäßig oder unregelmäßig in dem formlosen gallertartigen Chlorophyll vertheilt. Dies findet man besonders deutlich in den Conferven. Jene Körnchen sind weiß und bestehen aus nichts Anderem, als Amylum.

---

*) Annales des Sc. Nat. Bot, Tome 9, p. 150.

Die eigentlichen Chlorophyllkörnchen werden vom Alkohol nicht aufgelöst, sondern nur der äußeren grünen Schicht beraubt, wodurch sich die Flüssigkeit grün färbt. Diese äußere Hülle besteht aus farblosem Wachs und C Blattgrün. Daß die eigentlichen Körnchen nicht aufgelöst werden, ist schon von vielen Pflanzenphysiologen beobachtet. Dies Verhältniß zeigt uns aufs Deutlichste den Ursprung der grünen Hülle an, so wie den innigen Zusammenhang zwischen den so eben genannten farblosen Körnchen in dem formlosen Chlorophyll, der grünen Hülle der Körnchen und dem Kern der grünen Kernchen selbst, welcher nach Behandlung mit Alkohol farblos zurückbleibt. Dieser Kern ist nämlich ein Amylumkörnchen, und die grüne Hülle, welche im physiologischen Sinne Chlorophyll heißen muß, aber aus zwei Körpern besteht, nämlich aus dem reinen C Blattgrün und aus Wachs, lagert sich als eine gallertartige Masse um den Amylumkern. Mohl hat dies in vielen Pflanzen so gefunden und glaubt als allgemeine Regel feststellen zu können, daß das körnige Chlorophyll stets ein Amylumkörnchen zum Kern hat. Oft enthält ein Chlorophyllkörnchen zwei Amylumkörnchen, zuweilen noch mehrere. Der Kern von Amylum ist hinsichtlich der Größe verschieden und steht zu der grünen Hülle im umgekehrten Verhältniß; oft fehlt er ganz, und dann besteht das ganze Körnchen aus bloßem Chlorophyll, eine Thatsache, die offenbar eine Metamorphose des Amylums in B Chlorophyll ausweist.

Aus dieser Entdeckung, welche für die Erklärung der Sauerstoff-Ausscheidung durch die Pflanzen von großem Gewicht ist, läßt sich die bereits früher beobachtete Verschiedenheit in der Form der Chlorophyllkörnchen leicht erklären. Wird ein einfaches Amylumkörnchen von seiner Oberfläche aus in B Chlorophyll, d. h. in Wachs und C Blattgrün, welches als eine gallertartige Hülle erscheint, verändert, so bleibt das Körnchen rund. Vereinigt sich die grüne Hülle eines ein-

fachen Körnches mit dem zunächst liegenden, so hat ein Chlorophyllkörnchen zwei Amylumkerne, welche allmählig verschwinden. Die Form eines solchen Körnchens ist ellipsoidisch. Aus vier Amylumkörnchen entsteht ein Tetraeder u. s. w.; und endlich bildet sich bei dem Uebergange von einer Gruppe Amylumkörnchen in B Chlorophyll das, was Mohl formloses Chlorophyll genannt hat, worin nach Abscheidung der grünen gallertartigen Hülle noch Spuren von übrig gebliebenen Amylumkörnchen enthalten sein können.

Nach Mohl bildet sich bald eine Schicht Chlorophyll aus dem Amylum des Kerns, bald ein Amylumkörnchen aus dem Chlorophyllkörnchen, je nachdem die Umstände und namentlich der Einfluß des Lichtes verschieden sind. Er hält es für zweifellos, daß sich in den Conferven und besonders in Zygnema zuerst ein Chlorophyllkörnchen und daraus später ein Amylumkörnchen entwickelt, weil in den jungen Theilen die Amylumkerne viel kleiner sind, als in den älteren. Es scheint schwierig, dies mit der Natur der beiden Körper in Uebereinstimmung zu bringen. Eine Veränderung des C Chlorophylls in eine fette Substanz oder in ein Harz läßt sich denken, aber in Amylum ist unwahrscheinlich. Verschwindet das C Chlorophyll, so wie es in Pflanzentheilen, welche dem Einflusse des Lichtes entzogen sind, der Fall ist, so muß es in etwas Anderes verwandelt werden, was farblos ist. Dies wird das weiße Chlorophyll sein, wovon oben die Rede war. In den ölhaltigen Säuren (p. 268) bildet sich Fett aus Amylum. Daß umgekehrt eine fette Substanz, so wie in dem B Chlorophyll eingemengt vorkommt, sich in Amylum verwandelt, ist zu bezweifeln. Nichts desto weniger kann die Beobachtung von Mohl vollkommen richtig sein, und ich bezweifle auch nicht im Mindesten, daß in den ältern Theilen von Zygnema die Amylumkerne der Chlorophyllkörnchen größer sind als in den jüngeren; eine Vergrößerung derselben, ungeachtet ihre äußere Schicht sich

fortwährend in Chlorophyll verwandelt, ist sehr wohl denkbar, wenn die Umwandlung in Chlorophyll nicht so rasch von Statten geht, als der Amylumkern reproducirt wird.

Daß die Entwickelung von Chlorophyll aus Amylum unter dem Einflusse des Lichts geschieht, ist hinlänglich bekannt. Nur der Theil der amylumhaltigen Wurzeln, welcher dem Licht ausgesetzt ist, wird grün. In den grünenden Pflanzentheilen trifft man ohne Ausnahme Amylum an, und es verschwindet mit der Veränderung jener Farbe im Herbste, so daß Jod keine Spur mehr davon anzeigt. Das in den Pflanzen so allgemein verbreitete Amylum dient also nach den mitgetheilten Beobachtungen, um unter dem Einflusse des Lichtes B Chlorophyll zu bilden, eine gemengte Substanz, welche hauptsächlich Wachs enthält *).

Was früher p. 270 von der Veränderung des Amylums in Fette gesagt ist, gilt auch in demselben Maaße von der Verwandlung des Amylums in einen der Bestandtheile des Chlorophylls. In den Blättern oder andern Amylum haltenden Pflanzentheilen entsteht unter andern Wachs, welches einen Hauptbestandtheil der mit dem grünen Farbstoff gemengten Stoffe ausmacht. Seine Zusammensetzung ist (p. 281). †)

$$C_{15}\ H_{30}\ O.$$

Gehen wir von dieser Formel aus, so müssen, wenn es aus Amylum entstehen soll, und zugleich kein anderer

---

*) Die von Raspail schon im Jahre 1833 gemachte Beobachtung, daß in den Samenlappen von Acer plantanoides das Amylum mit einem grünen Farbstoffe umgeben ist, lehrt uns, daß das Chlorophyll auch außer dem Einflusse des Lichtes erzeugt werden kann. Nouveau Système de Chimie organique, p. 77. Der Embryo in dem Samen von Citrus ist grün.

†) Wachs aus Gras I, und von Seringeblättern II, hat bei der Analyse gegeben (Scheik. Onderz. Deel I., p. 157):

	I.	II.	At.	ber.
C	79,83	80,46	15	79,98
H	13,33	13,28	30	13,05
O	6,84	6,26	1	6,97

Körper gebildet wird, 5 Aeq. Amylum und 56 Aeq. Sauerstoff 4 Aeq. Wachs geben

$$5 \times C_{12}H_{20}O_{10} + 10\ aq.$$
$$C_{60}H_{120}O_{60}$$
$$C_{60}H_{120}O_{4}$$
$$\overline{\qquad O_{56} \qquad}$$

In den meisten Blättern kommt nur eine höchst unbedeutende Quantität des grünen Farbstoffs vor; die Hauptmasse macht eine fette Substanz aus, welche man durch Aether auszieht. In vier ganz verschiedenen Arten von Blättern, aus Syringen-, Wein-, Pappelblättern und aus Gras, habe ich keine andere, als die genannte Wachsart gefunden; alle vier stimmen in ihren Eigenschaften und ihrer Zusammensetzung überein und sind nur mit einer sehr geringen Quantität von C Blattgrün gemengt. Bei der Erzeugung des Wachses aus Amylum muß also eine große Menge Sauerstoff frei werden, und damit ist dann die so wichtige Erscheinung erklärt, nicht, daß die grünen Pflanzentheile Sauerstoff entwickeln, sondern daß die grün werdenden Pflanzentheile Sauerstoff abgeben; die Bildung der Fette scheint mit der des grünen Farbstoffs gleichen Schritt zu gehen. Hieraus ist denn, meiner Meinung nach, zugleich die Funktion des Amylums in den Blättern erklärt.

Levy *) glaubt durch Kalk und Kali in höherer Temperatur das Wachs in Stearinsäure unter Entwickelung von Wasserstoff verwandelt zu haben; Gerhard berechnet die Zusammensetzung dieser Körper wie folgt:

	C	H	O
Stearinsäure	19	38	2
Wachs	19	38	1

Da übrigens obige nicht die Formel der Stearinsäure ist, so

*) Erdmann's und Marchand's Journal, 1843, Nr. 17, S. 13.

erfordert jener Proceß eine fernere Erklärung. Ich habe mich überzeugt, daß die Angabe von Levy unrichtig ist *).

Daß das aus Amylum gebildete Wachs in den Pflanzen unter oxydirenden Einflüssen in andere Fette übergehen kann, ist wahrscheinlich; daß übrigens das Wachs, welches durch eine schwache alkalische Lauge nicht verseifbar ist, und also nicht in das Blut der Thiere gelangt, sondern in den Eingeweiden bleibt, jene Veränderung in dem thierischen Körper nicht erleidet, ist fast für eben so ausgemacht zu halten (p. 265).

Aus dem Obigen mag man also folgern, daß das Amylum, wenn es in den Blättern in Wachs verwandelt wird, eine Hauptquelle des von den Pflanzen entwickelten Sauerstoffs ist.

Die Frage bedarf noch einer Erörterung, warum allein die grün oder grüner werdenden Pflanzentheile Sauerstoff entwickeln.

Genau genommen hat der grüne Farbstoff der Blätter Nichts damit gemein; im Gegentheil wird das farblose C Chlorophyll, welches überall vorhanden zu sein scheint, nur unter Aufnahme von Sauerstoff grün. Es geht also hierbei etwas von dem bei der Wachsbildung aus dem Amylum entbundenen Sauerstoff verloren, insofern er nicht unmittelbar in die Atmosphäre gelangt.

Aber gerade darum wird C Chlorophyll bei der Sauerstoffausscheidung nicht gebildet, sondern es geht nur die weiße Verbindung in die grüne über. Dies kann allein an den Stellen geschehen, wo Sauerstoff im Ueberfluß vorhanden ist, mit anderen Worten da, wo aus Amylum Wachs erzeugt wird.

Wir mögen es deshalb für ausgemacht halten, daß das überall in den Pflanzen vorhandene C Chlorophyll in dem-

*) Siehe Scheik. Onderz. Deel II.

selben Maaße grün wird, als sich Amylum in Wachs verwandelt; denn in demselben Maaße hat es Gelegenheit, Sauerstoff aufzunehmen und sich wie weißer Indigo zu oxydiren.

Daß aber das reine weiße C Chlorophyll nicht aus bloßem Amylum entsteht, folgt aus der wahrscheinlichen Zusammensetzung des grünen $C_{18}H_{18}N_2O_8$ mit ziemlicher Gewißheit. Es muß noch ein stickstoffhaltiger Körper hinzutreten, oder vielmehr bei der Umsetzung des Amylums in Wachs muß gleichzeitig eine stickstoffhaltige Verbindung in aufgelöstem Zustande in das Amylumkörnchen eindringen, welches bei der Wachsbildung zugleich zu $C_{18}H_{18}N_2O_8$ umgesetzt wird.

Welche Verbindung dies sein mag, ist gegenwärtig noch ganz unbekannt. Uebrigens muß es eine eben so wie das Amylum in den Pflanzen allgemein verbreitete Substanz sein, wahrscheinlich Protein, ein Körper, welcher sich unter dem Einfluß von Salzsäure in Sauerstoff und eine ausgezeichnet schöne violette Substanz zersetzt.

Protein.

Sowohl in den Pflanzen, als in den Thieren kommt ein Stoff vor, welcher von den ersteren bereitet und letzteren in den Nahrungsmitteln mitgetheilt wird und in beiden eine wichtige Rolle spielt. Er ist eine von den sehr compleren Verbindungen, welche unter vielerlei Verhältnissen sehr leicht ihre Zusammensetzung ändern, und dient besonders in dem thierischen Organismus zur Unterhaltung des chemischen Stoffwechsels, ohne welchen man sich jenen nicht wohl denken kann; er ist ohne Zweifel der wichtigste aller bekannten Körper des organischen Reichs, und ohne ihn kann, wie es scheint, Leben auf unserem Planeten nicht bestehen.

Er wird in allerlei Pflanzentheilen, in den Wurzeln, Stengeln, Blättern, Früchten und Säften, und ebenfalls in

sehr ungleichartigen Theilen des Thierkörpers angetroffen. In den Pflanzen kommt er in drei verschiedenen Formen vor, als eine in Wasser auflösliche oder unauflösliche, und in Alkohol auflösliche Substanz; in den Thieren tritt er in vielerlei verschiedenen Gestalten auf, und ist im Wasser bald löslich, bald unlöslich, und besitzt in dem letztern Falle verschiedene Struktur. Er geht mit Schwefel und Phosphor oder auch mit beiden Verbindungen ein und zeigt sich eben dadurch im Aeußern und seiner physischen Beschaffenheit nach so sehr verschieden. Diesen Stoff hat man Protein genannt, da er sehr ungleichartige Körper erzeugt und also als eine primäre Verbindung angesehen werden kann.

Man erhält das Protein in Form von Flocken, wenn man gekochtes Eiweiß in verdünntem Alkali auflöst, und letzteres durch eine Säure neutralisirt. Eben so stellt man es aus Getreidemehl dar, indem man es durch Auskneten unter Wasser vom Amylum befreit, in verdünnter Lauge auflöst und durch eine Säure fällt.

Es bildet in dem thierischen Körper den Hauptbestandtheil des Blutes, der Muskeln und vieler anderen Theile und veranlaßt die Erzeugung einer großen Menge neuer Produkte.

Es findet sich in allen Pflanzensäften ohne Unterschied, sogar schon in den jungen Theilen der Wurzeln, und gehört also mit der Cellulose zu den Substanzen, welche aus den Nahrungsstoffen der Pflanzen unmittelbar bereitet werden. Ob diese Substanz noch anderswo in der Pflanze erzeugt wird, ist nicht erwiesen; aber da die jungen Würzelchen außer Cellulose Proteinverbindungen enthalten, so ist denkbar, daß sie von hier aus durch die ganze Pflanze fortgeführt wird. Dazu ist eine Eigenschaft derselben sehr förderlich, nämlich in Wasser leicht löslich zu sein. Aber sie kann auch eine feste unlösliche Form annehmen und, in dieser Gestalt in den Pflanzenzellen niedergelegt, dieselben anfüllen, und gehört

alsdann zu den festen Bestandtheilen des Pflanzenkörpers. So findet sie sich in vielen Samen, deren Hauptmasse sie sogar zuweilen ausmacht. Das daselbst abgesonderte Protein ist wahrscheinlich anderswo in den Spitzen der Wurzeln erzeugt, und ursprünglich in aufgelöstem Zustande in den Pflanzensäften vorhanden gewesen.

Jene Ausscheidung von festem Protein in gewissen Zellengruppen der Pflanzen kann durch einen einfachen chemischen Proceß geschehen, nämlich durch die Gegenwart von Säuren, welche bekanntlich die Fähigkeit besitzen, es aus dem auflöslichen Zustande in den unauflöslichen überzuführen. Anderseits wird das unauflösliche Protein von Alkalien wieder gelöst, und, einmal in fester Form irgendwo in den Zellen abgesondert, kann es durch Hinzukommen einer alkalischen Flüssigkeit in aufgelöstem Zustande weiter fortgeführt werden.

Manche Pflanzensäfte sind durch ihren großen Gehalt an Proteinverbindungen milchweiß, alle zeigen aus diesem Grunde beim Erwärmen eine Trübung. In Verbindung mit fetten Oelen und Wasser bilden sie Emulsionen. Sie enthalten Schwefel und Phosphor, Basen und Salze, und gehören wegen der Leichtigkeit, womit sie Metamorphosen in anderen Verbindungen erzeugen und unterhalten können, zu den wichtigsten Bestandtheilen des Pflanzenreichs.

Die Pflanzen bereiten das Protein, die Thiere erhalten es von ihnen durch ihre Nahrungsmittel. Ob sie es auch selbst erzeugen, ist nicht ausgemacht; um darüber entscheiden zu können, müssen erst direkte Versuche angestellt werden. Aber es ist kein Zweifel, daß die Proteinverbindungen, welche den Hauptbestandtheil des thierischen Körpers ausmachen, ganz oder zum größten Theil aus dem Pflanzenreiche stammen und aus den Pflanzennahrungsstoffen unmittelbar assimilirt werden.

Ein unbefangener Beobachter kann nicht verkennen, daß das Protein in den Pflanzen präexistirt und nicht erst durch

das verdünnte Alkali, welches zu seiner Abscheidung dient, erzeugt wird. Die Verbindungen des Proteins, welche in den Pflanzen vorkommen, stimmen in ihren Eigenschaften vollkommen mit denen des Proteins selbst überein, wenn man die Eigenschaften ausnimmt, welche den mit dem Protein in den Pflanzen verbundenen Stoffen zukommen. Pflanzeneiweiß z. B., eine Proteinverbindung von Schwefel und Phosphor, hat alle Eigenschaften mit dem Protein gemein, diejenigen ausgenommen, welche dem Schwefel und Phosphor angehören. Nimmt man hinzu, daß nach Abzug von Schwefel und Phosphor Protein und Eiweiß gleiche procentische Zusammensetzung haben, so ist an der Präexistenz des Proteins in den Pflanzen nicht zu zweifeln.

Die Formel des Proteins aus den vielfachen Verbindungen, welche es mit Säuren eingeht, und aus der Analyse des Proteins selbst abgeleitet, ist: $C_{40}\ H_{62}\ N_{10}\ O_{12}$ *).

In den Pflanzen kommen Proteinverbindungen mit Schwefel und Phosphor vor; aber wie sie zusammengesetzt sind, ist

*) Diese Formel habe ich im Jahre 1838 aus vielen Analysen abgeleitet. — Protein aus Fibrin von Ochsenblut und Eiweiß haben mir gegeben (Bulletin 1838, p. 110):

			At.	ber.
C	55,44	55,30	40	55,29
H	6,95	8,94	62	7,00
N	16,05	16,02	10	16,01
O	21,56	21,74	12	21,70

Zu gleicher Zeit habe ich für Protein aus Weizen gefunden (Bulletin 1838, p. 111):

C	54,99
H	6,87
N	15,66
C	22,48

Es war hierdurch bewiesen, daß die Pflanzen das Protein ganz oder größtentheils für die Thiere bereiten, und daß also thierisches Eiweiß, thierisches Fibrin u. dergl. durch eine kleine Menge Schwefel und Phosphor vom Protein verschiedene Verbindungen außer diesen Beimengungen aus dem Pflanzenreich herrühren müssen.

Das Atomgewicht des Proteins zu bestimmen, habe ich viele vergebliche Versuche gemacht; endlich ist es mir durch Schwefelsäure, chlorige Säure und Gerbsäure gelungen (Bulletin 1838, p. 119. 1839, p. 16. Scheik. Onderz. Deel I, p. 62).

noch unbekannt. Man nannte sie früher **auflösliches Eiweiß**, **coagulirtes Eiweiß**, **Legumin** und **Pflanzenleim**; die drei ersten Namen hat **Liebig** in **Pflanzenalbumin**, **Pflanzenfibrin** und **Pflanzencasein** umgeändert. Diese neuen Bezeichnungen verdienen nur dann einen Vorzug, wenn jene Stoffe wirklich mit dem thierischen Albumin, Fibrin und Casein identisch sind. Die Identität

---

Proteinschwefelsäure:

	gef.	At.	ber.
C	50,94	40	50,70
H	6,93	62	6,41
N	15,08	10	14,68
O	18,74	12	19,90
SO_3	8,34	1	8,31.

Proteinschwefelsaures Silberoxyd:

	gef.	At.	ber.
C	41,96	40	40,86
H	5,27	62	5,17
N		10	11,84
O		12	16,04
SO_3	6,33	1	6,70
AgO	19,72	1	19,39

Die Analysen zweier andern proteinschwefelsauren Salze von **Schröder** findet man in den Scheik. Onderz., Deel I, p. 65.

Proteingerbsäure:

	gef.		At.	ber.
C	55,15	54,28	58	54,78
H	5,56	5,75	76	5,86
N	10,63		10	10,94
O	28,66		23	28,42

$= C_{40} H_{62} N_{10} O_{12} + C_{18} H_{10} O_9 + 2 aq.$

Proteinchlorige Säure:

	aus dem Eiweiß des Hühnereies		aus Fibrin	aus Casein	At.	ber.
C	48,54	48,80	48,70	49,17	40	48,76
H	6,15	6,28	6,06	6,39	62	6,16
N	14,08	14,13			10	14,11
O	19,53	19,62			12	19,13
$Cl_2 O_3$	11,70	11,17	11,56	12,27	1	11,84

Hiernach halte ich, bis die Unrichtigkeit jener Versuche bewiesen ist, die Formel des Proteins $C_{40} H_{62} N_{10} O_{12}$ für unumstößlich. Noch muß ich bemerken, daß allen in diesem Werke vorkommenden Berechnungen die Zahl 76,437 als das Atomgewicht des Kohlenstoffs zu Grunde gelegt ist. Die Zahl 75 dafür angenommen, würde das Protein anstatt 62 At. Wasserstoff nur 60 At. enthalten.

Alle Bemühungen, das Protein mit Basen zu verbinden und daraus das Atomgewicht zu bestimmen, sind fruchtlos gewesen (siehe Bulletin, 1838, p. 112).

ist indessen noch nicht bewiesen. Die geringe Menge Schwefel und Phosphor, wodurch letztere sich unter einander und von reinem Protein unterscheiden, bestimmen ihren Charakter. Da dieser Schwefel- und Phosphorgehalt für die Proteinverbindungen der Pflanzen noch unbekannt ist, so kann man jene Namen für dieselben in Anwendung bringen. Außerdem sind coagulirtes Eiweiß und Legumin in der Form und dem Vorkommen so sehr von dem thierischen Fibrin und Casein verschieden, daß sie nicht mit einem ähnlichen Namen bezeichnet werden dürfen. Wir nennen daher so lange, bis die Identität derselben bewiesen ist,

Legumin die Substanz, welche aus zerkleinerten Erbsen und Bohnen mit warmem Wasser ausgezogen, filtrirt und durch eine Säure in weißen Flocken niedergeschlagen wird. (Braconnot);

Pflanzeneiweiß die Substanz, welche im Wasser löslich ist, beim Erhitzen oder durch Alkohol und Säuren aus den Pflanzensäften gefällt, in verdünnten Alkalien aufgelöst und durch Säuren wieder niedergeschlagen wird, und bei der Analyse mit Vernachlässigung des Schwefel- und Phosphorgehaltes sich als Protein ausweist;

Coagulirtes Eiweiß die im Wasser unlösliche Protein-Schwefel-Phosphorverbindung der Samen, z. B. der Cerealien, Mandeln u. s. w.;

Pflanzenleim die Substanz, welche aus dem Gluten von Beccaria durch Alkohol ausgezogen wird *). Die Formel des Pflanzenleims aus Weizen ist:

$$10\,(C_{40}\,H_{62}\,N_{10}\,O_{12})\,S_2$$

So wie früher bewiesen war, daß der Hauptbestandtheil des thierischen Körpers durch die Pflanzen erzeugt und vorbereitet wird, und daß das Thier-Fibrin, Albumin und Ca-

*) Die verschiedenen Getreidearten enthalten verschiedene Mengen der genann-

sein sich nur durch kleine Mengen Schwefel und Phosphor unterscheiden, und bei der Behandlung mit Alkalien dasselbe Protein wie coagulirtes Eiweiß geben; so hat Liebig später in Betreff des Kohlenstoff- und Stickstoffgehaltes einen ähnlichen Zusammenhang zwischen Pflanzeneiweiß, coagulirtem Pflanzeneiweiß, Legumin und Pflanzenleim durch die Elementaranalyse nachgewiesen. Die Analyse hat also bestätigt, daß alle jene Stoffe Proteinverbindungen sind *). Aber noch viel fehlt an einer genauen Kenntniß dieser vier Pflanzenstoffe!

In jedem Falle enthalten sie Proteinverbindungen, deren Protein unverändert in den thierischen Körper übergeht, so

---

ten Stoffe. Ich lasse eine kurze Angabe des Amylum-, Eiweiß- und Pflanzenleim-Gehaltes derselben folgen:

	Amylum	Eiweiß und Pflanzenleim.
Winterweizen	77	19
Sommerweizen	70	24
Gerste	79	6
Roggen	61	5
Hafer	59	6
Carolina-Reis	85	3,6
Erbsen	33	17,6

*) Die eben erwähnten (p. 303) Versuche hatten ergeben, daß im coagulirten Eiweiß Protein vorkommt. Liebig hat später (Annalen der Chemie und Pharmacie, 1841, Bd. 39, p. 129 und Bd. 40, p. 65) die von den eiweißartigen Bestandtheilen der Pflanzen von Jones ausgeführten Analysen, wobei der geringe Gehalt an Schwefel und Phosphor zuvor nicht abgeschieden war, mitgetheilt:

Coagulirtes Pflanzeneiweiß:

C	53,83
H	7,02
N	15,58
O	23,56

Pflanzeneiweiß:

C	54,74
H	7,77 ?
N	15,85
O	21,64

Pflanzenleim:

C	55,22
H	7,42 (?)
N	19,98
O	21,38

Der Schwefel- und Phosphorgehalt ist hierbei nicht bestimmt.

daß die Veränderungen jener Stoffe während der Verdauung nur in dem Auflösen des unlöslichen Eiweißes und Pflanzen=

Legumin aus einem wässerigen Aufguß von Bohnen durch Schwefelsäure gefällt, und der Niederschlag mit Aether ausgezogen:

C	55,05
H	7,59 (?)
N	15,89
O	21,47

Später haben Dumas und Cahours (Annales de Chimie et de Phys., Tom. 6, 1842, p. 409) jene Analysen wiederholt. Sie erhielten für Pflanzeneiweiß, Pflanzenleim (Glutin) dieselben Resultate, wie Jones, aber nicht für Legumin (siehe p. 409, 419 und 423).

Legumin aus Bohnen gab ihnen:

C	50,53	50,46
H	6,91	6,65
N	18,15	18,19
O	24,41	24,70

Gepreßte Mandeln, mit kaltem Wasser ausgezogen, gaben eine Lösung, woraus Säuren eine große Menge einer ähnlichen Substanz fällen. Dumas und Cahours fanden sie so zusammengesetzt (p. 427):

C	50,94	50,93
H	6,72	6,70
N	18,93	18,77
O	23,41	23,60

Diese Verbindung ist also mit Legumin identisch; man erhält sie gleichfalls aus Pflaumen und Apricosen. Durch Lab wird sie coagulirt, behält aber ihre Zusammensetzung unverändert bei.

Wenn jene Analysen von Dumas und Cahours richtig sind, gehört das Legumin nicht, wie die Versuche von Jones zu beweisen scheinen, in die Reihe der Proteinverbindungen, sondern ist der Gallerte näher verwandt (siehe weiter unten); aber für diesen Fall ist eben nicht viel auf die Genauigkeit von Dumas und Cahours zu geben (Scheik. Onderz. Deel 1, p. 553).

Später hat Rochleder Protein aus Legumin untersucht (Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 46, p. 162), und ist zu Resultaten gelangt, die sich vor allen früheren, welche Jones, Dumas und Cahours erhielten, unterscheiden:

C	54,49
H	7,40
N	14,78
O + S	23,33

Nach Rochleder sind Legumin und Casein sehr nahe verwandt und unterscheiden sich nur durch die Reaktion mit Essigsäure. Seine Analysen sind übrigens mit aus Legumin dargestelltem Protein und nicht dem Legumin selbst angestellt. Rochleder hat nämlich Legumin in concentrirtem Kali aufgelöst, filtrirt und mit Essigsäure gefällt. Es kann also kein Legumin mehr sein, sondern schwefelfreies Protein, verunreinigt durch eine Substanz, welche den Stickstoff= und den Kohlenstoffgehalt um fast ein Procent erniedrigt. Die Zusammensetzung des Legumins ist also unbekannt.

Nach Rochleder soll Legumin eine gewisse Menge einer in Kali und Ammoniak unauflöslichen Materie, außerdem Schwefel enthalten. Letz=

leims und in der Veränderung des Schwefel- und Phosphorgehalts bestehen, welcher in den Proteinverbindungen des Pflanzenreichs wahrscheinlich ein anderer ist, als in dem thierischen Körper. Vom Pflanzenleim ist dies bewiesen.

Es wird nicht überflüssig sein, bei den Eigenschaften der genannten Proteinverbindungen der Pflanzen ein wenig zu verweilen.

Pflanzenleim und coagulirtes Pflanzeneiweiß werden dargestellt, indem man z. B. Weizenmehl unter Wasser ausknetet, und nachdem das Amylum hinlänglich entfernt ist, den Rückstand mit Alkohol auszieht. Was ungelöst bleibt, ist sogenanntes coagulirtes Pflanzeneiweiß; es ist noch amylumhaltig und kann durch Kochen mit Wasser davon befreit werden. Ferner enthält es Cellulose. Unterwirft man die so dargestellte Verbindung der Elementaranalyse, so erhält man Resultate von einem Gemenge von Pflanzenalbumin mit Cellulose. Jones (s. die Note p. 306) hat deshalb zu wenig Kohlenstoff bei seiner Analyse erhalten.

Es bleibt uns kein anderes Mittel übrig, um Cellulose und Pflanzeneiweiß aus jenem Gemenge abzuscheiden, als das Eiweiß in Protein zu verwandeln, d. h. den im Eiweiß vorkommenden Schwefel und Phosphor zu entfernen, und also aus seiner Verbindung mit Protein abzuscheiden. Dies geschieht durch Kali; eine verdünnte Kalilauge löst aus jenem Gemenge das Protein auf, oxydirt den Phosphor, bildet mit

---

teres ist übrigens für Legumin aus Mandeln und Erbsen nicht richtig; es ist kein freier Schwefel darin vorhanden.

Dieser Gegenstand bedarf also einer ferneren Untersuchung.

Pflanzenleim aus Gerste, erhalten durch wiederholtes Auflösen in heißem Alkohol, bei dessen Erkalten er sich wieder absetzt, und mit Aether ausgezogen, hat gegeben (Scheik. Onderz. Deel II):

	I.	II.	At.	ber.
C	54,93	54,75	400	54,89
H	7,11	6,99	620	6,94
N	15,71	15,71	100	15,90
O	21,68	21,93	120	21,55
S	0,57	0,62	2	0,72

dem Schwefel Schwefelkalium und läßt die Cellulose ungelöst zurück. Versetzt man die klare Auflösung mit einer verdünnten Säure, so fällt Protein nieder.

Es ist keine Methode bekannt, das reine coagulirte Pflanzeneiweiß darzustellen. In allen Samen, worin es vorkommt, ist es mit Cellulose vereinigt, welches davon durch kein Auflösungsmittel so getrennt werden kann, daß reines Pflanzeneiweiß zurückbleibt, und löst man Pflanzeneiweiß mit Zurücklassung der Cellulose auf, so ist es in Protein verwandelt; wenigstens wenn man dazu ein Alkali anwendet. Uebrigens ist Essigsäure ein gutes Auflösungsmittel für Eiweiß.

Reines sogenanntes coagulirtes Pflanzeneiweiß kennen wir also noch nicht; wir wissen nicht, wie groß darin die mit Protein verbundene Schwefel- und Phosphormenge ist.

Die Eigenschaften der durch Kali aufgelösten Substanz sind denen des thierischen Proteins, welches man durch Behandlung von Käsestoff, Fibrin und Eiweiß der Eier oder des Blutserums mit verdünntem Kali erhält, vollkommen gleich. Mineralsäuren schlagen aus dieser Auflösung Protein nieder und entwickeln ein wenig Schwefelwasserstoffgas.

Die Eigenschaft, von Kali und Essigsäure aufgelöst zu werden, haben alle Proteinverbindungen mit der Substanz, welche wir coagulirtes Pflanzeneiweiß nennen, gemein. Man findet jene Verbindungen in dem Lehrbuche von Berzelius in dem Artikel über Pflanzeneiweiß, Pflanzenleim, thierisches Eiweiß, Fibrin, Casein etc. genau beschrieben.

Den in Alkohol auflöslichen Bestandtheil der Stoffe, die nach dem Ausكneten von Weizenmehl im Wasser zurückbleiben, hat man Pflanzenleim genannt. Er schlägt sich beim Erkalten der mit Wasser vermischten und eingedampften alkoholischen Lösung in Gestalt weißer Flocken nieder, während ein anderer Theil, mit Gummi verbunden, in dem schwachen Alkohol, selbst wenn er mit viel Wasser verdünnt war, aufgelöst bleibt. Er ist feucht sehr zusammenhängend, klebrig und

elastisch; getrocknet bildet er eine halb durchscheinende, sehr harte, schwer zu pulverisirende, in Wasser unauflösliche Masse, welche wiederum alle Eigenschaften mit den Schwefel-Proteinverbindungen theilt.

Wahrscheinlich ist jene Substanz kein reiner chemischer Körper; wenigstens löset Essigsäure den erhaltenen Pflanzenleim zwar größtentheils, aber nicht vollkommen auf, sondern es bleibt eine geringe Quantität einer unauflöslichen Materie zurück, welche die Flüssigkeit trübt und durch Filtration nicht getrennt werden kann.

Unsere Kenntniß der wahren Natur des Pflanzenleims ist daher noch sehr beschränkt, obschon wir wissen, daß er eine Schwefel-Proteinverbindung ist.

Pflanzeneiweiß ist mit ähnlichen Eigenschaften begabt wie das thierische Eiweiß in dem Blutwasser, in den Eiern und vielen anderen Körpern. Aus frischem Pflanzensaft erhält man es durch Erwärmen coagulirt. In dieser Gestalt wird es vorzugsweise in den Pflanzen bereitet; und ohne Zweifel entstehen daraus die anderen Proteinverbindungen, z. B. das coagulirte Pflanzeneiweiß.

Das aus den Pflanzensäften durch Erwärmen coagulirte Eiweiß enthält noch Chlorophyll und andere Stoffe.

Aus Weizenmehl läßt es sich rein erhalten, wenn man das Wasser, womit das Mehl ausgeknetet war und woraus sich das Amylum abgesetzt hat, erwärmt. Es coagulirt dann das Eiweiß und ist, mit Wasser und Alkohol ausgekocht, vollkommen rein. Seine Zusammensetzung, Schwefel und Phosphor, welche nicht bestimmt sind, abgerechnet, ist der des thierischen Eiweißes ganz gleich *).

---

*) Adriani in Scheik. Onderz., Deel I, p. 56.

C	54,78
H	7,34
N	16,01
O	21,87

Das **Legumin** ist eine dem Gluten nahe verwandte Substanz, welche man besonders aus Erbsen und Bohnen durch Aufweichen derselben in Wasser erhält. Er löst sich dabei auf und kann durch eine Säure nicht niedergeschlagen werden. Die Flüssigkeit reagirt sauer; davon getrennt, ist es in Wasser unlöslich. In Ammoniak gelöst, daraus durch eine Säure gefällt und darauf mit Alkohol ausgezogen, ist es rein und zwar eine Proteinverbindung, aber welche — ist unbestimmt.

In den Mandeln findet man eine dem Legumin ähnliche Substanz: aber auf dieselbe Weise dargestellt, hat sie bei der Analyse immer abweichende Resultate gegeben. In den Mandeln ist außerdem Synoptas enthalten, welches eine von den Proteinverbindungen abweichende Zusammensetzung hat *).

Aus der obigen kurzen Aufzählung der bis jetzt bekannten Proteinverbindungen der Pflanzen folgt, daß zwei derselben vorkommen, welche in kaltem Wasser auflöslich sind: Eiweiß und Legumin; ersteres wird durch Erhitzen der Auflösung coagulirt, letzteres nicht; und daß zwei andere im Wasser unauflöslich sind: das sogenannte coagulirte Eiweiß und der Pflanzenleim, welcher letztere sich in Alkohol auflöst.

Aehnliche Stoffe findet man auch in dem thierischen Körper, nur durch kleine Beimengungen und Verbindungen von einander verschieden. Wie Legumin und Pflanzenleim sich von Pflanzenalbumin unterscheiden, so weichen auch Casein und thierisches Albumin von einander ab. Mehr als eine Annäherung in den Eigenschaften und der Zusammensetzung besteht unter jenen Stoffen nicht, und wir sind über ihre Con-

*) **Richardson** und **Thomson** haben ein unreines Synoptas, Emulsin genannt, analysirt und dafür gefunden:

C	49,025	48,555
H	7,708	7,677
N	18,910	18,742
O	24,277	25,026

Liebig Chim. Organ. p. 135.

stitution so lange im Unklaren, als wir die kleinen Beimengungen nicht kennen.

Die bekannten Proteinverbindungen des thierischen Körpers sind hauptsächlich die folgenden:

Der Faserstoff des Blutes:

$$10\,(C_{40}\,H_{62}\,N_{10}\,O_{12}) + S\,Ph.$$

Das Eiweiß des Blutserums:

$$10\,(C_{40}\,H_{62}\,N_{10}\,O_{12}) + S_2\,Ph.$$

Das Eiweiß der Hühnereier hat die Zusammensetzung des Fibrins.

Der Käsestoff aus der Milch der Kühe:

$$10\,(C_{40}\,H_{62}\,N_{10}\,O_{12}) + S.$$

Die Substanz, welche den Hauptbestandtheil des Krystallkörpers im Auge ausmacht:

$$15\,(C_{40}\,H_{62}\,N_{10}\,O_{12}) + S\ ^{*}).$$

Wir wissen außerdem, daß die Muskelfasern aus einer Proteinverbindung bestehen; daß solche in dem Gehirn, der

---

*) Die folgenden Analysen sind von mir im Jahre 1838 angestellt (Bulletin 1838, pag. 108):

	Fibrin aus Ochsenblut:	Albumin aus Eiern:	At.	ber.
C	54,56	54,48	400	54,90
H	6,90	7,01	620	6,95
N	15,72	15,70	100	15,89
O	22,13	22,00	120	21,55
Ph	0,33	0,43	1	0,35
S	0,36	0,38	1	0,36

	Albumin aus Blutwasser:	At.	ber.
C	54,84	400	54,70
H	7,09	620	6,92
N	15,83	100	15,84
O	21,23	120	21,47
Ph	0,33	1	0,35
S	0,68	2	0,72

Käsestoff aus Kuhmilch (Bulletin 1839, p. 9):

	gef.	At.	ber.
C	54,96	400	55,10
H	7,15	620	6,97
N	15,80	100	15,95
O	21,73	120	21,62
S	0,36	1	0,36

Leber, den Nieren und vielen andern Organen als Eiweiß vorkommen; daß eine Proteinverbindung in dem Blutwasser, eine ähnliche in den Hörnern, Nägeln, der Epidermis und den Haaren enthalten ist; daß Austern fast ganz aus Proteinverbindungen bestehen; und daß Seide und die Herbst-

---

Krystallin (Bulletin 1839, p. 195):

C	55,39
H	6,94
N	16,51
O	20,91
S	0,25

Es bildet eine Proteinschwefelsäure, welche 8,63% Schwefelsäure enthält, und also wiederum 1 Aeq. SO_3 auf

$C_{40}H_{62}N_{10}O_{12}$.

Aus Austern ist durch Auslaugen mit Wasser und Alkohol, durch Auflösen in Essigsäure und durch Fällen mit Ammoniak Protein dargestellt (Bulletin 1839, p. 14):

C	54,87
H	7,10
N	15,89
O	22,14

Eiweiß aus Seide, nachdem die gallertartige Substanz (Leim) abgeschieden und der Rückstand mit Wasser ausgekocht war, besteht aus (Natuur- en Scheik. Archief, Deel IV, p. 287):

C	54,01
H	7,27
N	15,46
O	23,26

Scheerer hat später viele dieser Stoffe analysirt; das Resultat seiner Versuche ist genau dasselbe. Die Versuche von Dumas (Annales de Chim. et de Phys. Tom. VI, 1842, p. 385) übergehe ich, weil sie nicht den Stempel der Genauigkeit tragen.

Das Eigelb, durch Aether von den Oelen befreit, hat Dumas und Cahours (l. c. p. 423) ein anderes Resultat gegeben, als Jones (l. c. p. 68).

	Jones (C = 76,437):		Dumas und Cahours (C = 75):	
C	53,72	53,45	51,89	51,31
H	7,55	7,66	7,07	7,37
N	13,60	13,34	15,02	15,03
O	25,13	25,55	26,02	26,29.

In jedem Fall scheint unreines Eiweiß analysirt zu sein.

Bei jener Differenz, besonders bei dem geringen Stickstoffgehalt der Analysen von Jones, war eine wiederholte Untersuchung des Vitellins nothwendig. Von Baumhauer hat hart gekochte Eidotter mit Alkohol und Aether ausgezogen und bei 120° getrocknet. Die Analyse gab

C	52,99	52,95
H	6,93	6,92.

Ein Theil der so behandelten Substanz wurde in Essigsäure gelöst, die Flüssigkeit klar abfiltrirt und mit kohlensaurem Ammoniak gefällt; der

fäden gleichfalls eine solche enthalten; aber welche Verbindungen dies sind, wissen wir eben so wenig, wie es vom Pflanzeneiweiß, Legumin und dem coagulirten Pflanzeneiweiß bekannt ist. Die Wissenschaft hat diese Lücken noch auszufüllen. Sehr geringe Mengen von Schwefel und Phosphor, und vielleicht auch noch von andern Stoffen können die physikalischen und manche chemische Verschiedenheiten veranlassen, welche wir bei jenen Verbindungen wahrnehmen. Wir halten sie daher nicht für identisch, wenn sie auch bei der Analyse fast gleiche procentische Zusammensetzung liefern, eben so wenig, wie wir Amylum und Gummi verwechseln, und um so weniger, als die Analyse bei vielen eine Differenz in dem Schwefel- und Phosphorgehalt nachgewiesen hat; wir haben vielmehr die meisten derselben für chemische und wesentlich verschiedene Substanzen anzusehen. Aber sie enthalten alle ohne Ausnahme dieselbe organische Verbindung als Hauptbestandtheil, eine Verbindung, welche in allen präexistirt und den Uebergang des einen Körpers in den andern sehr erleichtert.

Es ist wichtig zu bemerken, daß die Natur aus einer Grundverbindung durch Hinzufügung oder Wegnahme gewisser kleiner Beimengungen vielerlei und dem Anscheine nach sehr

---

Niederschlag mit Alkohol und Aether ausgezogen und bei 120° getrocknet gab:

	erste Darstellung	zweite Darstellung	
C	53,23	53,56	53,61
H	7,03	7,12	7,29
N	15,97	16,09	10,04
O	23,25	22,75	
S	0,52	0,48	

Man sieht daraus, daß der Stoff, woraus Vitellin besteht, ein Sulphuret von Proteindeutoxyd ist:

$$C_{40}H_{62}N_{10}O_{14}$$

Es scheint der Substanz der letzten Darstellung, welche zellenstofffreies Vitellin giebt — was mit hart gekochtem Eigelb nicht des Fall ist — noch ein wenig Ammoniak angehangen zu haben; wenigstens ist der Wasserstoff- und Stickstoffgehalt ein wenig zu hoch ausgefallen. (Scheik. Onderz., Deel II.)

ungleichartige Körper hervorbringt. Wir erkennen darin eine höchst merkwürdige Einfachheit, finden aber doch in den chemischen Differenzen, so gering sie auch sind, die Ursache der verschiedenen Natur jener Verbindungen. Ein bloßer Polymorphismus ist daher keineswegs anzunehmen, und es bleibt also immer noch eine Aufgabe, durch sehr genaue und mit Sorgfalt anzustellende Analysen nachzuweisen, wodurch und wie die Proteinverbindungen sich von einander unterscheiden. Es ist nicht nur nachzuweisen, daß eine Proteinverbindung in dem Gras vorkommt, und daß sie die wiederkäuenden Thiere, welche täglich eine große Menge derselben mit der Milch von sich geben, daher erhalten: sondern es ist auch zu prüfen, ob die Proteinverbindung in dem Gras, ebenso wie die der Milch, Schwefel und keinen Phosphor enthält; ob die Quantitäten der Beimengungen verschieden sind, oder nicht, und auf welche Weise solche Verschiedenheiten in dem thierischen Körper zu Wege gebracht werden. Ist die Thatsache, daß die Pflanzen das Protein für die Thiere bereiten, einmal außer Zweifel gesetzt, so sind jene Fragen die wichtigsten und ersten, welche beantwortet zu werden verdienen.

Ich spreche hierüber absichtlich mit Nachdruck, weil ich glaube, daß die kleinen Beimengungen von Schwefel und Phosphor wesentlich sind, und daß sie eine wichtige Rolle in dem Organismus spielen, betragen sie auch nur halbe oder viertel Procente. Es ist nicht die Quantität der verbundenen Stoffe, welche den Grad der Verschiedenheiten bestimmt, sondern überhaupt nur ihre Gegenwart. Arsenikwasserstoffgas $H_6 As_2$, eine der giftigsten Verbindungen, enthält auf 98,05 Arsenik nur 1,95 Wasserstoff. Dadurch ist dies Gas kein Arsenikmetall und verhält sich durchaus eigenthümlich.

In welcher Weise der Schwefel und Phosphor in jenen Stoffen mit dem Protein verbunden sind, liegt noch im Dunkeln; aber es ist ausgemacht, daß jene Verbindungen constant sind. Entweder ist also z. B. im Fibrin mit 20 Atomen

Protein eine geringe Menge einer Substanz verbunden, welche 1 Aeq. Phosphor und 2 Aeq. Schwefel enthält, eine Substanz, deren Gegenwart bei der Elementaranalyse des Fibrins übersehen ist, oder Ph S haben sich unmittelbar mit 10 At. Protein vereinigt. Beide Annahmen weichen von unsern gewöhnlichen Vorstellungen über die Constitution der unorganischen Verbindungen bedeutend ab, und wir sind daher gewissermaßen berechtigt, der einfachsten von beiden den Vorzug zu schenken, d. i. eine direkte Verbindung von Ph S mit 10 At. Protein anzunehmen. Diese Thatsache steht übrigens nicht vereinzelt da; denn ein Aequivalent Alaun enthält 24 Aeq. Krystallwasser.

Es kann in diesem Augenblicke nicht die Rede davon sein, ob Protein als solches mit Phosphor und Schwefel verbunden ist, oder ob die Bestandtheile desselben Phosphor und Schwefel getrennt aufnehmen: Protein ist eben so, wie Amygdalin, ein complexer Stoff, welcher aus verschiedenen andern zusammengesetzt ist; eine solche Vertheilung von Schwefel und Phosphor zwischen seinen Bestandtheilen ist also nicht unmöglich; aber es steht fest, erstens daß Protein ohne Schwefel und Phosphor bestehen kann, zweitens, daß in einigen Verbindungen 10 At. Protein mit Ph S, in andern mit Ph S_2, und endlich noch in andern 10 und 15 At. Protein mit S verbunden sind. Bis jetzt kennen wir folgende:

Krystallin	15	Protein	+ S
Casein	10	»	+ S
Pflanzenleim	10	»	+ S_2
Fibrin	10	»	+ S Ph
Albumin aus Hühnereiern	10	»	+ S Ph
Albumin des Blutserums	10	»	+ S_2 Ph

Die Verbindungen, welche Phosphor-Schwefel-Protein, oder Schwefel-Protein mit Säuren, Basen und Salzen, oder welche Protein mit Sauerstoff eingehen, sind von großer Wichtigkeit. Was letztere betrifft, so sind davon drei be-

kannt; die eine erhält man aus einer Chlorverbindung des Proteins durch Einwirkung von Ammoniak, wobei Salmiak und eine Substanz entsteht, welche man Proteintritoxyd nennt. Sie wird auch durch Kochen von Fibrin und Albumin mit Wasser erhalten und ist ein Hauptbestandtheil der Entzündungshaut. In dem Blute findet sie sich nur in geringer Menge und wird in den Lungen bereitet. Sie ist C_{40} H_{62} N_{10} O_{15}.

Ein zweites Proteinoxyd erhält man aus Haaren durch Auflösen derselben in Kalilauge und durch Fällen mit einer Säure. Der erste Niederschlag ist Protein, der zweite Proteindeutoxyd:

$$C_{40}\ H_{62}\ N_{10}\ O_{14}$$

Der Schwefel des Haars = 2 Aeq. verbindet sich mit dem Kalium der Kalilösung und macht eben soviel Sauerstoff frei, welcher sich mit Protein vereinigt. Beim Fällen des Proteindeutoxyds aus der alkalischen Schwefelauflösung wird Schwefelwasserstoff unter Wasserzersetzung ausgetrieben; H_4 verbinden sich mit S_2 und O_2 mtt Ka_2, so daß aus 2 (Ka S) und 2 (H_2 O), 2 (H_2 S) und 2 (Ka O) entstehen (siehe weiter unten).

Die dritte Sauerstoffverbindung ist: C_{40} H_{62} N_{10} O_{20} und wird durch Kochen von Hefe mit Wasser erhalten; sie löst sich dabei in dem Wasser auf (siehe Hefe).

Jene Sauerstoffverbindungen des Proteins sind sehr wichtige Körper. Die beiden ersten können in dem thierischen Organismus abwechselnd erzeugt und zersetzt werden. Scheerer *) hat beobachtet, daß feuchtes Fibrin an der Luft mehr Sauerstoff aufnimmt, als es Kohlensäure ausgiebt. Es war daher möglich, daß dabei eine Sauerstoffverbindung des Proteins gebildet war. Dies ist kürzlich bestätigt worden. Fi-

*) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. XI, p. 13.

brin mit Wasser gekocht läßt Proteindeutoxyd ungelöst und giebt an das Wasser Proteintritoxyd ab (s. weiter unten).

Eine Chlorverbindung des Proteins erhält man unter Wasserzersetzung aus Eiweiß u. s. w., wenn durch die Flüssigkeit Chlor geleitet wird ($C_{40} H_{62} N_{10} O_{12} + Cl_2 O_3$); sie hat eine constante Zusammensetzung, und es läßt sich das Atomgewicht des Proteins mit Genauigkeit daraus ableiten; sie ist der Proteinschwefelsäure analog. In dem Körper kommt diese Verbindung nicht vor, aber die Kenntniß derselben ist wichtig für die Bleichkunst, für das Desinficiren thierischer Stoffe durch Chlor, für die Anwendung desselben in der Heilkunde u. s. w. Daß sie wirklich proteinchlorige Säure und nicht ein Chlorür von Proteintritoxyd ist, läßt sich aus der analogen Leimverbindung schließen.

Besonders merkwürdig sind die Verbindungen von Schwefel-Phosphor-Protein (Fibrin, Albumin) und von Schwefel-Protein (Casein) mit Alkalien, Säuren und Salzen. Protein ist in verdünnten Alkalien auflöslich. Das Blutwasser ist immer schwach alkalisch, es enthält ein Proteat (mit Schwefel und Phosphor) von Natron, und also Schwefelphosphor aufgelöst. Auf dieser Eigenschaft beruht die immer gleiche Flüssigkeit des Blutes und ist also ein Haupterforderniß für das Leben der Thiere. Wird eine verdünnte alkalische Auflösung von Protein mit einer Säure neutralisirt, so vermindert sich die Auflöslichkeit des Schwefel-Phosphor-Proteins sehr, was die arzneiliche Wirkung der Säure erklärt. Diese Säuren sind besonders Schwefelsäure und Phosphorsäure, als blutstillende Mittel bekannt, während der Essigsäure, welche das Protein leicht auflöst, jene Eigenschaft fehlt. Sehr verdünnte Salzsäure und Essigsäure lösen Fibrin auf; die eine kommt in dem Magensaft vor, die andere macht das Fleisch kurz, wie man sagt, und unterstützt die Verdauung. Feste Proteinverbindungen, als Fibrin und Albumin, in äußerst verdünnter Salzsäure, $\frac{1}{2}$ tausendstel, einige Zeit bewahrt,

werden vollkommen gelöst, ohne daß irgend etwas Anderes hinzuzukommen braucht: eine Eigenschaft, welche die Wirkung des Magensaftes hinreichend erklärt (Bouchardat) *).

Endlich können viele Säuren, z. B. Schwefelsäure und Salzsäure, beide in großer Menge, mit Schwefel-Phosphor-Protein chemische Verbindungen eingehen, und bilden unter gewissen Umständen weniger auflösliche Substanzen, weshalb sie gegen das Faulfieber, den Scorbut u. s. w. wirksame Heilmittel sind. Diese Verbindungen haben folgende Zusammensetzung:

$$(C_{40}\ H_{62}\ N_{10}\ O_{12}) + S\ O_3.$$
$$2\ (C_{40}\ H_{62}\ N_{10}\ O_{12}) + 2\ H_2\ O + S\ O_3$$
$$2\ (C_{40}\ H_{62}\ N_{10}\ O_{12}) + 2\ H_2\ O + H_2\ Cl_2\ {}^{**})$$

Hruschauer hat gefunden, daß die beiden letzten Verbindungen durch 6 Wochen langes Stehen unter Wasser die Säuren ganz und gar verlieren, wenn sie nicht aus coagulirtem, sondern aus uncoagulirtem Eiweiß dargestellt sind †).

Endlich kann Schwefel-Phosphor-Protein sich mit manchen basischen Salzen vereinigen. Die Verbindung, welche im

---

*) Siehe Scheik. Onderz., Deel I, p. 576.

**) Bulletin, 1838, p. 21.

Biproteinschwefelsäure:

	gef.	At.	ber.
C	51,61	80	51,87
H	6,75	128	6,78
N		20	15,02
O		26	22,06
SO_3	4,17	1	4,25

Biproteinchlorwasserstoffsäure:

	gef.	At.	ber.
C	51,49	80	52,09
H	6,80	128	6,81
N		20	15,08
O		26	22,14
H_2Cl_2	3,80	1	3,88

Um jene Verbindung darzustellen, wurde coagulirtes Eiweiß in Essigsäure aufgelöst, die Flüssigkeit mit Schwefelsäure oder Salzsäure gefällt, und der Niederschlag mit Alkohol ausgewaschen.

†) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. XLVI, p. 348.

Casein gefunden wird, ist besonders merkwürdig; sie enthält den phosphorsauren Kalk der Knochen $3\,Ph_2\,O_5 + 8\,Ca\,O$: ein Salz, welches wahrscheinlich auch (in jedem Falle wenigstens ein phosphorsaurer Kalk) im Fibrin und Albumin vorkommt und durch sie an die Knochen abgegeben wird. In dem Casein (folglich auch in der Milch) ist sie in großer Menge enthalten und dient also dazu, den zarten Knochen der jungen Individuen in kurzer Zeit viel Knochensubstanz zuzuführen. Metallsalze und Metalloxyde als Arzneimittel oder Gifte in den Körper gebracht, können sich ebenfalls mit den Proteinverbindungen vereinigen und Proteate (mit Schwefel und Phosphor) hervorbringen, welche sich natürlich in dem Körper eigenthümlich verhalten müssen. Die meisten dieser Verbindungen sind unauflöslich und verhindern daher die unaufhörliche chemische Umsetzung der Stoffe in dem Organismus, woraus eigenthümliche Zustände des Körpers hervorgehen, welche, bis zu einem gewissen Grade gesteigert, das Leben gefährden. Aus diesem Grunde, obschon deshalb nicht allein, sind Silber-, Blei-, Quecksilber-, Kupfersalze u. s. w. Gifte, wenn sie in großer Quantität in den Körper eingeführt werden.

Protein ist ein complexer Stoff, d. h. er besteht aus einigen, zu einem Ganzen vereinigten heterogenen organischen Substanzen. Bei der Einwirkung kräftiger Agentien zerlegt er sich in mehrere verschiedene Körper.

Einige Proteinverbindungen, mit einem Alkali in Berührung, entwickeln augenblicklich Ammoniak. Man kann die alkalische Lauge kaum schwach genug machen, um keine Ammoniakentwicklung zu bekommen. Wenn man Fibrin oder coagulirtes Eiweiß in einem verdünnten Alkali auflöst, so wird stets Ammoniak entbunden. Diese Eigenschaft ist wegen des Alkaligehaltes des Blutes von großer Bedeutung. Sie erklärt das eigenthümliche Verhalten des Proteins, welches

sich im thierischen Körper in einem Zustande fortwährender Zersetzung befindet.

Wird Eiweiß oder irgend eine Proteinverbindung mit Kali gekocht, so findet totale Zersetzung Statt. Die Produkte derselben rühren gewiß nicht von dem Protein allein her, aber einige derselben müssen doch als Bestandtheile desselben angesehen werden; es sind folgende:

	C	H	N	O
2 Aeq. Leucin	24	48	4	8
2 Aeq. Protid	26	36	4	8
2 Aeq. Erythroprotid	26	32	4	10
4 Aeq. Ammoniak		24	8	
2 Aeq. Kohlensäure	2			4
1 Aeq. Ameisensäure	2	2		3
2 Aeq. Protein + 9 aq. =	C_{80}	H_{142}	N_{20}	O_{33}.

Das Leucin ist eine krystallinische Substanz, welche auch aus Leim erhalten wird, und die also einen Zusammenhang zwischen Protein und den Leim gebenden Stoffen anzeigt *). Unter sehr verschiedenen Umständen erhält man sie mit oder ohne Leimzucker aus Fibrin, Albumin, Casein und Leim, z. B. aus faulendem Käse; durch Kochen von Eiweiß, Fibrin und Casein mit Kali bekommt man das Leucin allein; Leimzucker durch Behandeln von Leim mit Schwefelsäure, und ein Gemenge von Leimzucker und Leucin durch Einwirkung von Schwefelsäure oder Kali auf Fleisch, oder von Kali auf Leim. Leucin und Leimzucker **) sind also, was ihre Ent-

*) Bulletin, 1838, p. 145.

Die Zusammensetzung des Leucin ist:

			At.	ber.
C	55,64	55,53	12	55,79
H	9,30	9,22	24	9,11
N	10,51	10,51	2	10,77
O	24,55	24,74	4	24,33

**) Siehe die Note p. 238.

stehung betrifft, nahe verwandt; Leucin ist als ein integrirender Theil von Protein anzusehen.

Die andern beiden Körper, Protid und Erythroprotid sind extraktartige Stoffe (das zweite besitzt eine rothe Farbe) und dem Leim nahe verwandt *).

Von den drei andern Zersetzungsprodukten des Proteins durch Kali vereinigen sich die Säuren, die Kohlensäure und Ameisensäure mit dem Kali, während das Ammoniak entweicht.

So lange nicht nachgewiesen ist, daß Leucin in dem thierischen Körper vorkommt, oder daß es bei gewissen Secretionen verbraucht wird, kann man von dieser Zersetzung des Proteins durch Alkalien auf den lebenden Organismus keinen Schluß machen. Es verdient übrigens die Analogie zwischen den beiden extraktartigen Stoffen und Leim besondere Beachtung; wir schließen daraus mit einiger Wahrscheinlichkeit, daß, wenn thierisches Zellengewebe aus Protein entsteht, dies durch eine ähnliche Veränderung geschieht, welche sie unter dem Einflusse der Alkalien erleidet. Bei dem thierischen Zellengewebe kommen wir hierauf zurück.

Es bleibt noch zu untersuchen übrig, in welcher Form das Protein in dem thierischen Körper auftritt. In den Pflanzen kommt es immer in Verbindung mit Schwefel und Phosphor vor, und wird mit diesen und mit phosphorsaurem Kalk von den Thieren verzehrt; aber es ist eben

---

*) Bulletin, 1838, p. 167.

Protid:

	gef.	At.	ber.
C	59,20	13	59,04
H	6,62	18	6,67
N	10,56	2	10,52
O	23,62	4	23,77

Erythroprotid:

	gef.	At.	ber.
C	56,63	13	56,12
H	5,93	16	5,64
N	10,23	2	10,00
O	27,21	5	28,24

so wenig in den Nahrungsstoffen der Pflanzen, wie in denen der Thiere als reines Protein vorhanden. Ueber die Schwefel- und Phosphormengen in den Proteinverbindungen der Pflanzen sind wir ganz unwissend; es läßt sich daher über die Bildung der thierischen Proteinverbindungen aus denen der Pflanzen nichts weiter mit Sicherheit angeben, als daß das Protein der Vegetabilien in den thierischen Körper übergeht. Die Bildung von Albumin im Blutwasser, von Fibrin, Casein u. s. w., sämmtlich Proteinverbindungen, welche wahrscheinlich nicht in dieser Form in den Pflanzen vorkommen, verdient also noch eine nähere Untersuchung.

In dem thierischen Körper kennen wir Proteinverbindungen unter verschiedenen Formen; hauptsächlich in Verbindung mit Schwefel, mit Schwefel und Phosphor, mit Schwefel, Phosphor und Alkalien, mit Schwefel und phosphorsaurem Kalk, endlich mit Sauerstoff.

Es kommt im aufgelösten Zustande im Blutwasser eine Schwefel-Phosphor-Proteinverbindung vor, welche sehr viele Eigenschaften mit dem Pflanzeneiweiß und dem der Vogeleier gemein hat. Besonders in dieser Form ist das Protein allgemein in dem thierischen Körper verbreitet; man nennt es Eiweiß. Kein Organ, keine Flüssigkeit, die gerade nicht zu den Sekreten gehört, wird untersucht, worin es sich nicht fände. Knetet man z. B. eine Leber, Niere oder Lunge mit Wasser aus, so erhält man durch Erwärmen coagulirtes Eiweiß. Man findet es in der Flüssigkeit der Lymphgefäße, in dem ausgeschwitzten Serum, dem Chylus und Eiter. Ob nun in allen diesen Eiweißarten immer

$$10\ (C_{40}\ H_{62}\ N_{10}\ O_{12}) + Ph\ S_2$$

vorkommt, ist noch unbestimmt, ja nicht einmal wahrscheinlich.

In dem Gehirn, dem Rückenmark und den Nerven trifft man eine große Menge einer ähnlichen eiweißartigen Substanz an; sie ist indessen im Ganzen fester und scheint, insofern sie sich in kaltem Wasser nicht so leicht auflöst, mehr

mit dem festen Eiweiß der ölhaltigen Samen übereinzustimmen; Gehirn mit Wasser gerieben, giebt eine ähnliche Emulsion, wie die ölhaltigen Samen. Auch die Zusammensetzung dieser Proteinverbindung kennt man noch nicht. Sie geradezu Eiweiß zu nennen, ist so lange gut, bis wir ihre Natur besser kennen gelernt haben.

Kleine Differenzen im Schwefel- oder Phosphorgehalt bestimmen in einem hohen Grade den Charakter aller Proteinverbindungen. Dadurch unterscheiden sich Fibrin und Casein wesentlich von dem Eiweiß des Blutserums.

In der Milch kommt nebst Fetten eine phosphorfreie Proteinverbindung vor. Es ist Casein, charakterisirt durch die Eigenschaft, aus ihrer Auflösung in Wasser durch Lab und Säuren, besonders durch Milchsäure niedergeschlagen zu werden.

Man hat Casein in vielen andern thierischen Flüssigkeiten gefunden, im Speichel, in der Galle, in dem Safte des Fleisches, dem Krystallin, dem Eiter, den Tuberkeln und namentlich im Blute. Da übrigens alle diese Angaben nur auf der Untersuchung ihrer Eigenschaften beruhen, und keineswegs auf Analysen, so ist die Sache nicht für ausgemacht anzusehen; es würde übrigens nicht befremdend sein, wenn es in dem Blute wirklich vorkäme. Casein würde nämlich leicht aus dem Blutserum oder aus dem Faserstoff entstehen, sobald nur der Phosphor zurückgehalten wird. Hierauf beruht die Abscheidung des Caseins aus dem Blute bei der Milchbildung.

Ebenso verhält es sich mit dem Krystallin, welches auch fast keinen Phosphor und weniger Schwefel enthält, als der Faserstoff, und noch viel weniger, als das Eiweiß des Blutserums. Alle diese Substanzen und wahrscheinlich auch die ganze Reihe der eiweißartigen Stoffe des Gehirns, der Leber, Nieren u. s. w. entstehen durch eine sehr unbedeutende Ver-

änderung der Schwefel- und Phosphormengen aus dem Eiweiß oder Faserstoff des Blutes.

Von dem letzteren ist zuerst zu bemerken, daß er als solcher nicht in dem Blute selbst, wohl aber außerhalb desselben vorkommt. Er bildet die Muskelfasern, deren chemische Zusammensetzung zwar bekannt ist, worüber wir aber doch noch nicht ganz im Klaren sind. Seine Eigenschaften, mit denen des Blutfibrins übereinstimmend, geben zur Vermuthung Veranlassung, daß er damit chemisch identisch ist.

Der Faserstoff entsteht bekanntlich bei dem Gerinnen des Blutes und bildet fadenartige Körperchen, welche zuvor nicht darin waren. Man sagt, er sei in dem Blute aufgelöst. Dies darf indessen gewiß nicht im buchstäblichen Sinne genommen werden; vielmehr scheint der Faserstoff in einem halbflüssigen Zustande in dem Blute enthalten zu sein.

Da wir später bei der speciellen Betrachtung des Blutes hierauf zurückkommen werden, so mag hier die Bemerkung genügen, daß das Fibrin keineswegs als Fasern in dem Blut vorkommt, sondern daß es beim Gerinnen zu einem Gerinsel gesteht, dessen Theile beim Auswaschen gleich Faden aneinander haften, und daß es schon darum unwahrscheinlich ist, daß Fibrin in dem Blute aufgelöst sei. Seine Theilchen müssen in dem cirkulirenden Blute von dem aufgelösten Eiweiß ganz isolirt sein, da beide sich durch ein Aeq. Schwefel auf 10 Aeq. Protein unterscheiden.

In dem Blute kommt noch eine dritte Proteinverbindung vor, welche die Zellenmembran der Blutkörperchen ausmacht. Sie wird deshalb Globulin genannt. Simon hält sie für Käsestoff. Daß das Globulin eine Proteinverbindung ist, erleidet keinen Zweifel *), aber welche —, ist für jetzt noch unbekannt. Ebensowenig weiß man, woraus

*) Bulletin. 1839, p. 84.

der Kern der Blutkörperchen besteht, und welche Flüssigkeit mit dem Farbestoffe von der Membran eingeschlossen ist.

Alle diese Proteinverbindungen des thierischen Körpers enthalten phosphorsauren Kalk in verschiedenen Verhältnissen. Auch für denselben Stoff von verschiedenen Thieren erhalten, ist die Menge desselben verschieden.

In dem thierischen Körper kommen noch zwei sehr wichtige Proteinverbindungen vor, nämlich Proteindeut- und tritoxyd. Beide sind in einiger Menge in dem entzündeten Blute enthalten; sie erzeugen sich bei der Respiration und machen einen gewöhnlichen Bestandtheil des Blutes aus; das letztere ist auflöslich im Wasser, ersteres unauflöslich; beide sind Oxydationsprodukte, erhalten beim Kochen des Fibrins mit Wasser; letzteres bildet sich außerdem durch Kochen von Albumin, und ist ein Zersetzungsprodukt der proteinchlorigen Säure *) (s. oben p. 317); ersteres kann auch aus Haaren vermittelst eines Alkalis dargestellt werden.

---

*) Bulletin, 1839, p. 404, und Scheik. Onderz., Deel I, p. 259 u. 550.

Proteintritoxyd:

	I.	II.	III.	IV.
C	51,47	51,69	51,38	51,48
H	6,60	6,64	6,78	6,56
N	15,37	15,09	15,09	
O	26,56	26,58	26,82	

I ist erhalten aus der proteinchlorigen Säure, durch Ammoniak vom Chlor befreit.

II durch Kochen von Fibrin im Wasser.

III durch Kochen von Eiweiß im Wasser.

IV aus der Entzündungshaut.

	At.	ber.
C	40	51,45
H	64	6,72
N	10	14,92
O	16	20,93

Diese Substanz hat Bouchardat Leim genannt (Annales de Chimie et de Phys. 1842, Tom. p. 440).

Proteindeutoxyd

	I.	II.	III.	At.	ber.
C	53,69	53,64	53,44	40	53,36
H	6,90	6,88	7,04	62	6,75
N	15,63	15,85	14,51	10	15,45
O	23,71	23,64	25,01	14	24,44

Beide sind Bestandtheile des gesunden Organismus, indem sie bei jedem Athemzuge im Blute in geringer Menge erzeugt werden, und wie wir bei dem Farbstoffe des Blutes näher auseinandersetzen werden, wahrscheinlich eine dünne Schicht um die Blutkörperchen bilden, zusammengesetzt wie die Entzündungshaut. Sie sind Oxydationsprodukte einer Substanz, welche bei dem Coaguliren des Blutes zu Fibrin wird. Es ist diese Proteinverbindung, welche Sauerstoff in den Lungen aufnimmt und oxydirt durch die Arterien cirkulirt. In dem Capillarsystem werden sie zersetzt und zum Stoffwechsel verbraucht.

Eine zu große Menge jener Oxyde veranlaßt Entzündung.

Proteintritoxyd kommt im Eiter vor und wird von Manchen Pyin genannt; Proteindeutoxyd bildet Gewebe, welche wir später betrachten wollen. Im Vitellin haben wir (p. 314 in der Note) Proteindeutoxyd gefunden.

Man kann nicht mit Sicherheit ausmachen, wie und unter welchen Verhältnissen Protein in den Pflanzen erzeugt wird. Bei Untersuchung von Schimmelpflanzen der niedrigsten Formation habe ich stets Protein gefunden, und zwar, wie wir später sehen werden, aus stickstofffreien im Wasser aufgelösten und der atmosphärischen Luft ausgesetzten Stoffen erzeugt. Protein fehlt auch in den allerjüngsten Wur-

---

I. Ist aus Fibrin durch Kochen mit Wasser erhalten; es bleibt hierbei unauflöslich zurück.

II. Ist Albuminose von Bouchardat (Comptes Rendus, 22. Juin 1842). Von Baumhauer in Scheik. Onderz. Deel I, p. 568.

III. Ist aus Haaren dargestellt, durch Auflösen in Kali; aus der alkalischen Flüssigkeit wurde durch ein wenig Säure erst das Protein niedergeschlagen; durch Zusatz einer größern Menge Säure erhielt man Proteindeutoxyd (s. Scheik. Onderz., Deel I, p. 167). Das Protein der Haare hat folgende Zusammensetzung:

	Scheerer.		Von Laer.
	aus Haaren	aus Horn	aus Haaren
C	54,75	55,41	54,38
H	7,13	7,24	7,03
N	15,73	15,59	16,91
O	22,39	21,76	21,68

zelzasern der Pflanzen nicht. Es gehört also mit Dextrin und Cellulose zu den allerersten Pflanzenprodukten. Ohne Protein scheint keine Organisation in dem Pflanzenreich bestehen zu können. Es ist diese Verbindung, welche der Zellenmembran Leben verleiht, und obgleich letztere durch Alkalien davon befreit werden kann, so ist doch Protein immer ein Bestandtheil neuer Zellenreihen in den Pflanzen.

So gewiß Dextrin, Cellulose und Protein aus den Nahrungsstoffen der Pflanzen unmittelbar bereitet werden, so wahrscheinlich ist es, daß an den Spitzen der Wurzelzasern alles Protein, welches in der ganzen Pflanze vorkommt, erzeugt wird. Von da durchdringt es in aufgelöster Form mit dem Dextrin die gebildeten Zellen, um anderswo neue Zellen, d. i. eine Verbindung von Cellulose und Protein in — wie es scheint, — bestimmten Verhältnissen zu bilden; oder es kann auch, wo es hier und da als feste Substanz abgesondert ist, durch die (p. 302) genannten Stoffe aufgelöst und weiter fortgeführt werden.

Auf diese Weise genügt vielen Pflanzen eine geringe Menge Protein, während es doch zur Bildung jeder neuen Zellenreihe unentbehrlich ist.

Wir nehmen also an, daß das Protein, wovon junge Zellen einen Ueberfluß, alte nur wenig enthalten, an den Wurzelspitzen erzeugt, darauf anderswo abgesondert, später wieder aufgelöst und entferntern Stellen zugeführt, und außerdem zu tausend andern Zwecken verwandt wird. Sehr selten wird es in den Pflanzen vollständig verbraucht; es scheint übrigens an der Erzeugung der Pflanzenalkalien und anderer stickstoffhaltiger Verbindungen Theil zu haben und bildet jedenfalls das Chlorophyll, den Indigo u. s. w.

F i b r o i n.

Wenn man Seide oder Herbstfäden mit Wasser und darauf mit starker Essigsäure so lange auskocht, bis Leim und

Eiweiß aufgelöst sind, so behält man lose Fäden übrig, welche sich von den bekannten Proteinverbindungen der höheren Thierklassen wesentlich unterscheiden. Diese Fäden besitzen folgende Eigenschaften: sie haben fast allen Zusammenhang verloren, werden von concentrirter Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure aufgelöst und durch Galläpfelinfusion aus der verdünnten Säure niedergeschlagen; sie erhalten sich in Essigsäure und Ammoniak unverändert, werden aber von Kali unter Zersetzung in verschiedene Stoffe aufgenommen. Sie haben folgende Zusammensetzung: $C_{39}H_{63}N_{12}O_{17} = 3(C_{13}H_{20}N_4O_5) + H_2O + O$ *), d. i. 3 Aeq. Leim + Wasser mit Sauerstoff.

Es ist sehr merkwürdig, daß Schwamm genau dieselben Bestandtheile und dieselben Eigenschaften besitzt, wie das Fibroin der Seide, aber Schwefel, Jod und Phosphor enthält. Schwamm ist nämlich nach der Untersuchung von Croockewit Fibroin mit Schwefel, Jod, Phosphor:

$$C_{780}H_{1240}N_{240}H_{340} + Jd_2, S_3 Ph_{10} =$$
$$20(C_{39}H_{62}N_{12}O_{17}) + Jd_2, S_3 Ph_{10},$$

d. h. Fibroin ist mit Jod, Schwefel und Phosphor in der-

---

*) Natuur.- en Scheik. Archief, D. III, p. 93, D. V, p. 281.

Fibroin von Seide:

	I.	II.	III.	IV.	At.	ber.
C	47,97	48,08	49,11	49,27	39	48,64
H	6,61	6,50	6,50	6,50	62	6,31
N			17,67	17,02	12	17,32
O			26,72	27,21	17	27,73

Scheik. Orderz., Deel II, p. 1.

Schwamm.

	I.	II.	III.	IV.	V.	At.	ber.
C	47,14	48,01	46,91	47,20	47,35	780	47,04
H	6,34	6,35	6,38	6,51	6,33	1240	6,10
N	16,23	16,06				240	16,76
O	26,52	26,40				340	26,82
Id	1,11	1,05				2	1,24
S	0,53	0,46				3	0,48
Ph	2,13	1,67				10	0,56

20 Aeq. Fibroin, der Hauptbestandtheil des Seidenfadens, sind also mit Id_2, S_3 Ph_{10} vereinigt, und höchst wahrscheinlich zwischen Jod, Schwefel und Phosphor vertheilt.

selben Weise vereinigt, als sich Protein mit Schwefel und Phosphor zu Fibroin, Albumin u. s. w. verbindet.

Dieser als Fasern abgeschiedene Stoff, welcher die Hauptmasse in den Herbstfäden und der Seide ausmacht, ist wahrscheinlich unter die Hauptbestandtheile des thierischen Körpers der niedern Ordnung zu zählen und ersetzt hier vielleicht den Faserstoff des Bluts der höhern Thierklassen. Unsere Kenntniß derselben ist übrigens noch sehr beschränkt, weil wir sie bis jetzt nur als Sekret kennen gelernt haben, und die Spongilla zu einzeln dasteht, um daraus einen allgemeinen Schluß ziehen zu dürfen; deshalb habe ich dieses Gegenstandes nur mit ein paar Worten erwähnt. Um übrigens die Metamorphosen der Stoffe des thierischen Körpers einmal kennen zu lernen, müssen wir zuerst die Bestandtheile der einfach organisirten Thiere untersuchen. Von den chemischen Verbindungen, welche in den Insecten vorkommen, wissen wir fast gar Nichts, und doch bietet diese Thierklasse, wegen ihres eigenthümlichen Charakters mehr Interesse dar als viele andere.

Ob das oben angedeutete Verhältniß zwischen Fibroin und Leim wirklich besteht, muß die Zukunft lehren.

Leimgebende Stoffe, Leim, Chondrin.

Unter den Bestandtheilen der organisirten Wesen ist keiner mannichfaltiger als die Zelle. Sie ist das Fundament aller verschiedenen Formen der organischen Körper; durch sie, auf tausendfache Weise modificirt, weiß die Natur alle die Verschiedenheiten hervorzubringen, welche Pflanzen und Thiere in der Form ihres Körpers und ihrer Organe und also auch in den Funktionen derselben darbieten.

In den Pflanzen scheint die Natur zu der Bildung dieser Zellen und zu den daraus zusammengesetzten Theilen eine Substanz zu benutzen: C_{24} H_{42} O_{21}; sie kommt zwar noch in

Verbindung mit andern vor, wodurch die Beschaffenheit der Zelle verändert wird; aber der wesentliche Bestandtheil der Pflanzenzellen ist immer Cellulose, in Verbindung mit ein wenig Protein.

Bei den Thieren verhält es sich eben so, obgleich die Elementarform des Gewebes und dessen chemischer Charakter hier ein anderer ist. Man muß nämlich einen Zellenstoff unterscheiden, welcher bleibend, und einen andern, welcher ursprünglich ist. Der ursprüngliche ist vielleicht mehrfacher Art; der bleibende hat einen allgemeinern Charakter. Jener ist für die einzelnen Organe verschieden und macht dem allgemeinen Zellenstoff Platz, worin später verschiedene Stoffe abgesondert werden sollen, und welcher die Zellenform ganz verliert.

Letzterer muß also in den ausgebildeten Individuen und den entwickelten Organen gesucht werden. Er macht in der That bei den höhern Thierklassen den größten Theil ihrer Substanz aus und kann, obgleich er sich von dem Pflanzenzellenstoff darin unterscheidet, daß er nicht, wie dieser, ursprünglich, sondern ein secundäres Produkt ist, und daß ihm die eigentliche Zellenform fehlt, doch in mancher Hinsicht damit verglichen werden; besonders in Betreff seiner verschiedenen Funktionen und in der großen Menge, die der thierische Körper davon enthält.

Daher kommt es, daß eine große Zahl thierischer Substanzen bei der Analyse zum Theil dieselben Bestandtheile liefert.

Seine Verbreitung in dem Körper ist so groß, daß, wenn man alle anderen Stoffe ausscheiden könnte, man in ihm allein die ganze Gestalt des Körpers und dessen Hauptbestandtheile behalten würde. Es bestehen daraus die Haut, die serösen Membranen, die Zellgewebsscheiden der Muskeln, die organischen Theile der Knochen und so viele andere (s. Bindegewebe).

Die Eigenschaften dieser Substanz sind noch wenig bekannt; sie ist in kaltem Wasser unauflöslich, wird durch Essigsäure durchscheinend und voluminös, durch Gerbsäure fest und gegen Fäulniß geschützt, und giebt beim Kochen Leim. Dieser letzten Eigenschaft wegen heißt sie: leimgebende Substanz.

Indessen sind nicht alle Materien, welche Leim geben, identisch; viele ungleichartige Gewebe besitzen diese Eigenthümlichkeit.

Die Hauptmasse der leimgebenden Gewebe, eine allgemeine in ihrer Funktion mit der Cellulose zu vergleichende Substanz, wollen wir Leimsubstanz nennen.

Sie verändert sich beim Kochen mit Wasser und geht dabei aus dem unlöslichen Zustande in den löslichen über, so daß z. B. eine Schwimmblase nach den Versuchen von Cop nicht mehr als 1,7 % von Cylinder= und Pflaster=Epithelium hinterläßt, wenn man sie mit Wasser auskocht *). Ebenso verhält es sich mit allen andern aus dem Bindegewebe gebildeten Theilen, welche man daher, in Betreff ihrer wesentlichen Bestandtheile, als mit der leimgebenden Substanz chemisch identisch betrachten kann; mit anderen Worten: der thierische Leimstoff verwandelt sich beim Kochen ganz in Leim.

Er erleidet dabei in seiner Zusammensetzung keine Veränderung. Denn untersucht man eine seröse Membran, so erhält man dafür ungefähr dieselbe procentische Zusammensetzung, als wenn man die Gellerte, den durch Auskochen der serösen Membran erhaltenen Leim der Analyse unterwirft. Dasselbe gilt auch von der Haut, von dem Zellgewebe, welches die Haut mit den darunter liegenden Theilen verbindet, und worin gewöhnlich Fett abgesondert ist, ferner von dem Gewebe, welches die Muskelfasern verbindet, und welches in den Knochen die Knochen=Salze aufnimmt, und noch von vie=

*) Scheik. Onderz., Deel I, p. 67.

len andern Theilen des Körpers, die wir später, wo wir von den Geweben handeln, namhaft machen werden.

In allen jenen Theilen kommt die leimgebende Substanz als ein im Wasser unauflöslicher Körper vor, welcher beim Kochen keine chemische, sondern nur physikalische Veränderung erleidet; es wird dabei weder Etwas aufgenommen noch abgegeben. Diese Umänderung gleicht der des Amylums, wenn es sich in heißem Wasser in Kleister verwandelt, und wobei es vielleicht das Atomgewicht verändert und polymerisch umgesetzt wird.

Es kommt indessen in der Seide und den Herbstfäden noch eine besondere Leimsubstanz vor, welche in kaltem Wasser auflöslich ist. Rochard nannte sie früher Gummi, und das Reinigen der Seide von dieser leimartigen Hülle wurde lange Zeit Entgummen genannt. Dies ist das einzige bis jetzt bekannte Beispiel einer in kaltem Wasser auflöslichen Leimsubstanz des thierischen Körpers. Wahrscheinlich kommt sie auch aufgelöst in dem Blute vor. Wo der Leim einen Theil der festen Stoffe des Körpers ausmacht, ist er in kaltem Wasser unauflöslich und wird daraus durch Kochen mit Wasser ausgezogen.

Seine Zusammensetzung ist:

$$C_{13} N_{20} N_4 O_5$$

sowohl aus der Gallerte des Hirschhorns als aus Fischleim und Seide *). Ungekochter und gekochter, in Leim veränder-

*) Die nachstehenden Leimarten haben mir folgende Zusammensetzung gegeben (Bulletin, 1839, p. 24):

	Hirschhorngelee. I.	Hirschhorngelee. II.	Seidegelee.	Fischleimgelee.	At.	ber.
C	50,05	50,05	49,49	50,76	13	50,37
H	6,48	6,64	6,36	6,64	20	6,33
N	18,35	18,39	19,19	18,31	4	17,95
O	25,12	24,92	24,96	24,29	5	25,35

Cop hat beim Kochen von Fischleim nur 1,7% unauflösliche Stoffe erhalten, welche gaben (Scheik. Onderz., Deel I, p. 67):

C	52,02
H	6,71

ter Zellenstoff verbinden sich beide mit Gerbsäure zu einer im Wasser unauflöslichen und der Fäulniß lange widerstehenden

---

Deshalb konnte Scheerer auch ungefähr dieselben Bestandtheile für Schwimmblasen erhalten, welche er unverändert der Analyse unterwarf. Er fand nämlich (Annalen der Pharmacie, Bd. 40, p. 46):

	Fischleim	Sehnen	Sclerotica
C	50,56	50,96	51,00
H	6,90	7,19	7,08
N	18,79	18,32	18,72
O	23,75	23,53	23,20

Der Verbindungen von Gallerte mit Gerbsäure kennen wir drei; zwei davon habe ich früher untersucht (Bulletin, 1839, p. 23):

$$C_{13}H_{20}N_4O_5 + C_{18}H_{10}O_9 + 2\,aq.$$
$$3\,C_{13}H_{20}N_4O_5 + 2\,(C_{18}H_{10}O_9) + aq.$$

Schiebel hat auf 100 Th. Gallerte 59,25 — 88,9 — 118,5 Gerbsäure gefunden; dies entspricht dem Verhältniß von 1 Aeq. Gallerte zu $1{,}1\frac{1}{2}$ und 2 Aeq. Gerbsäure.

Damit ist die Formel der Gallerte festgestellt; sie ist indessen noch auf zwei andere Arten bestimmt, nämlich aus dem chlorigsauren Leim, wenn man Chlor durch eine Auflösung der Gallerte leitet (Bulletin 1839, p. 153).

Von diesen Verbindungen sind drei bekannt, welche aus 1 Aeq. Gallerte und 1 Aeq. chloriger Säure (Cl_2O_3), aus 3 Aeq. Gallerte und 2 Aeq. chloriger Säure, und aus 4 Aeq. Gallerte mit 1 Aeq. chloriger Säure bestehen. Die letztere, in ihrer Zusammensetzung so constant, als man irgend eine chemische Verbindung erhalten kann, läßt über das Atomgewicht und die Formel der Gallerte keinen Zweifel:

	gef.		At.	ber.
C	46,66	46,25	52	46,52
H	5,90	5,81	80	5,84
N	15,59		16	15,54
O	23,37		20	23,41
Cl_2O_3	8,48	8,47	1	8,69

Da Scheerer bei der Analyse des Leims mehr Wasserstoff fand, so hat von Goudoever meine Versuche später wiederholt (Scheik. Onderz., Deel I, p. 253). Er hat auch lange gekochten Leim, welcher nicht mehr gelatinirt, analysirt und dafür gefunden:

	gef.		At.	ber.
C	49,50	49,56	52	49,67
H	6,56	6,54	82	6,39
N	17,36	17,36	16	17,69
O	26,58	26,54	21	26,25

also ein mit der letztgenannten Chlorverbindung correspondirendes Hydrat:

$$4\,(C_{13}H_{20}N_4O_5) + Cl_2O_3$$
$$4\,(C_{13}H_{20}N_4O_5) + aq.$$

Lange gekochter Leim hat also ein viermal so hohes Atomgewicht als der gelatinirende. Leitet man Chlor hindurch, so läßt sich noch eine vierte Verbindung des Leims mit chloriger Säure erhalten, bestehend aus 5 Aeq. Gallerte und 2 Aeq. chloriger Säure (Scheik. Onderz., Deel I, p. 523).

Substanz; daher das Vermögen aller gerbsäurehaltigen Stoffe, die Elasticität in den organischen Körpern zu erhöhen. Sowohl Proteinverbindungen als Leim bilden harte cohärente Verbindungen mit Gerbsäure. Chinarinde, Weidenbast, Catechu und so viele andere zusammenziehende Arzneimittel erzeugen ähnliche Verbindungen in dem Organismus. Daß indessen von der Gerbsäure, dieser im Uebermaaß genossenen Substanz, nur wenig in das Blut übergeht, ergiebt sich aus der Unschädlichkeit derselben. Die Menge Gerbsäure, welche in einer Unze Chinarinde enthalten ist, ja selbst ein sehr kleiner Theil derselben in das Blut gebracht, würde augenblicklichen Tod zur Folge haben; sie würde nämlich den größten Theil des Eiweißes im Blute coaguliren.

Dasselbe gilt von den spirituösen Flüssigkeiten, welche ebenfalls Leim und Proteinverbindungen präcipitiren; von Alaun, indem Alkalien den Leim mit der Thonerde fällen.

Das Gerben des Leders durch gerbsäurehaltige Stoffe deutet an, daß der Leim in dem Zellengewebe im Zustande von Hydrat enthalten ist, dessen Wasser durch Gerbsäure ersetzt werden kann; dabei bildet sich unauflöslicher harter Gerbsäureleim, welcher der Fäulniß lange widersteht.

Solcher Gerbsäureverbindungen des Leims giebt es drei: 1 Aeq. Leim, verbunden mit 1 Aeq. Gerbsäure; 2 Aeq. Leim mit 1 Aeq. Gerbsäure und 3 Aeq. Leim mit 2 Aeq. Gerbsäure.

Wird durch eine Auflösung von Leim Chlor geleitet, so entsteht:

$$4\,(C_{13}\,H_{20}\,N_4\,O_5) + Cl_2\,O_3$$

nach dem Trocknen des gebildeten Niederschlages; vor dem Trocknen findet man Verbindungen von 1 Aeq. Leim mit 1 Aeq. chloriger Säure und 3 Aeq. Leim mit 2 Aeq. chloriger Säure.

Wird diese Verbindung mit Ammoniak übergossen, abgedampft und das gebildete Ammoniaksalz mit Alkohol ausge-

zogen, so erhält man ein Leuchthydrat, welches nicht mehr gelatinirt:

$$4\,(C_{13}\,H_{20}\,N_4\,O_5) + aq.$$

Dasselbe bildet sich auch beim Kochen von Leim mit Wasser; eine Eigenschaft, worauf das Abkochen des Fleisches zu Bouillon und die Bereitung der Speisen im Papinianischen Topfe beruht; es ist die Frage, ob dies Leimhydrat durch den Organismus wieder in Nahrungsstoffe verändert werden, und ob es auch schädliche Stoffe in dem Körper erzeugen kann.

Der Leim wird aller Wahrscheinlichkeit nach nicht durch die Pflanzen bereitet; in den vegetabilischen Nahrungsstoffen hat man ihn bis jetzt noch nicht gefunden.

Auf welche Weise die leimgebenden Gewebe in dem thierischen Körper entstehen, ist noch unbekannt; der Möglichkeiten sind viele. Es giebt indessen in dem Organismus Stoffe, welche eine dem Leime ähnliche Zusammensetzung haben; dahin gehören jene Verbindungen, welche aus Protein unter dem Einflusse von Alkalien erzeugt werden (s. die Note p. 322). Die letzteren verdienen besondere Beachtung, weil das Blut alkalisch ist und Protein mit dem schwächsten Alkali nicht zusammenkommen kann, ohne zersetzt zu werden, wie wir p. 321 gesehen haben.

In den Haaren kommt mit Schwefel-Protein $C_{40}\,H_{62}\,N_{10}\,O_{12} + S_2$ ein Bindungsstoff vor, $C_{13}\,H_{20}\,N_6\,O_5$, welcher sich durch zwei Atome Stickstoff vom Leime unterscheidet, während Protid $C_{13}\,H_{18}\,N_2\,O_4$ und Erythroprotid $C_{13}\,H_{16}\,N_2\,O_5$ dem Leim in ihrer Zusammensetzung sehr nahe verwandt sind (s. p. 322). Durch Zersetzung des Proteins kann also in dem thierischen Organismus auf die Weise Leim gebildet werden, wie bei der Einwirkung von Alkalien auf Protein p. 321 mitgetheilt ist. Ameisensäure entsteht hier unter dem oxydirenden Einflusse des durch die Lungen in das Blut übergeführten Sauerstoffs nicht, sondern wird unmittelbar in Kohlensäure verwandelt. Daher sind die Zersetzungsprodukte des

Proteins durch das Alkali des Blutes: Kohlensäure, Ammoniak, Protid, Erythroprotid und Leucin. Auf 2 Aeq. Ammoniak werden gebildet:

$C_{13}\ H_{18}\ N_2\ O_4$ Protid

$C_{13}\ H_{18}\ N_2\ O_5$ Erythroprotid.

Vermehren wir die Elemente von jedem mit 1 Aeq. Ammoniak:

$C_{13}\ H_{24}\ N_4\ O_4 \qquad C_{13}\ H_{22}\ N_4\ O_5$

so erhellt, wie unter dem unaufhörlichen Einflusse des durch die Lungen in das Blut geführten Sauerstoffs aus Protid leimgebendes Gewebe entstehen kann, wenn 3 Aeq. Sauerstoff zutreten und aus Erythroprotid, wenn 1 Aeq. Sauerstoff hinzukommt. Aus

$C_{13}\ H_{24}\ N_4\ O_4 + O_3$

wird: $C_{13}\ H_{20}\ N_4\ O_5 + 2\ H_2\ O$

und aus:

$C_{13}\ H_{22}\ N_4\ O_5 + O$

wird: $C_{13}\ H_{20}\ N_4\ O_5 + H_2\ O$,

d. h. aus Protid und Erythroprotid bei Gegenwart von Ammoniak, welches sich aus dem Protein durch das Alkali des Blutes entwickelt, Leim und Wasser erzeugt, wenn Sauerstoff in den Lungen hinzutritt.

Nach diesem Schema würden die Zersetzungsprodukte des Proteins im Blute, durch den Alkaligehalt des Blutwassers, unter dem oxydirenden Einflusse der Luft: Kohlensäure, Wasser, leimgebendes Gewebe und Leucin sein. Die Kohlensäure wird durch die Lungen, das Wasser durch diese und die Nieren abgesondert.

Aber Leucin ist noch nicht in dem Körper gefunden. So lange man dieses oder dessen Zersetzungsprodukte darin nicht nachgewiesen hat, ist jeder Versuch, die Leimbildung zu erklären, fruchtlos.

Mit dem Obigen habe ich übrigens auf die complexe Natur des Proteins und Leims aufmerksam machen zu müssen

geglaubt, sowie auf die große Unwahrscheinlichkeit, daß durch bloßes Hinzutreten oder Abscheidung von Sauerstoff, Wasser und Ammoniak die Metamorphose von Protein in Leim von Statten gehen könne; ferner auf den Einfluß des Alkaligehaltes des Blutwassers auf die Metamorphose des Proteins, und daß aus der Erzeugung von Protid und Erythroprotid aus Protein und Alkalien die Bildung der leimgebenden Gewebe sich genügend erklären läßt. Alles, was wir jetzt darüber wissen, ist wegen der beschränkten Kenntniß der sogenannten extraktartigen Stoffe des Blutserums sehr mangelhaft.

Ueber die Zersetzungsprodukte der leimgebenden Gewebe in dem Körper ist man noch fast ganz im Unklaren, weil die Zersetzungsprodukte des Leims selbst unbekannt sind. Unter dem Einfluß oxydirender Mittel erhält man Blausäure *). Alkalien erzeugen Leimzucker, Leucin und Extraktstoffe, ferner Ammoniak und Alkali **).

Wird endlich Leim mit Schwefelsäure versetzt, mit Wasser verdünnt und gekocht, so bekommt man Leimzucker und Extraktstoffe, oder Leucin und Extraktstoffe ***). Der Umstand, daß Eiweiß mit Kali Leucin giebt †), deutet auf einen innigen Zusammenhang zwischen Proteinverbindungen und den thierischen leimgebenden Stoffen; beide bringen in dem Blute ähnliche Verbindungen hervor und können also auch unter gewissen Umständen dieselben Zersetzungsprodukte geben.

Welche Zersetzungsprodukte der Leimzucker liefert, davon ist p. 238 ff. bei dem Zucker die Rede gewesen. Wenn das Zellgewebe, nach dem obigen Schema aus Protein entstanden, wieder aufgenommen wird, muß es in aufgelöster Form, d. h.

*) Persoz, Annalen der Chemie und Pharmacie. Decbr. 1842; Sullivan leugnet dieses ibid.

**) Man findet diese Versuche im Bulletin 1838, p. 145.

***) Ibid. p. 145.

†) Ibid. p. 145.

als Leim in dem Blute enthalten sein, und wird dieser durch das Alkali desselben zersetzt, so entsteht (aus unbekannten Extraktstoffen) Leimzucker, welcher wieder in Harnstoff und Zucker zerfällt, wovon ersterer in den Nieren abgesondert, letzterer zu irgend andern Zwecken in dem Körper verbraucht wird.

Man hat in der letzteren Zeit nicht nur an der Nahrungsfähigkeit der Gallerte für den Menschen gezweifelt, sondern sie ist sogar von der Commission, welche die Pariser Akademie mit der Untersuchung dieses Gegenstandes beauftragte, als Nahrungsstoff geradezu verworfen *). Nur diejenigen, welche im Vorurtheil befangen, Versuche mit Hunden anstellten, Thiere, welche nach der Aussage der Gelatina-Commission lieber verhungern, als von der Gallerte fressen; sie allein, welche das Resultat unzähliger Beobachtungen leugnen, können dem Leime eine Stelle unter den Nahrungsstoffen verweigern. Der ich selbst viele Jahre lang die medicinische Praxis geübt und unzählige Male Gelegenheit gehabt habe zu beobachten, wie Reconvalescenten durch Genuß von Arrowroot und Hirschhorn-Gelee wieder zu Kräften kamen, muß es beklagen, daß da Versuche entscheiden sollen, wo sie verwerflich und überflüssig sind, und wo allein Erfahrungen entscheiden.

Es ist hier nicht der Ort zu entwickeln, auf welche Weise Gallerte den thierischen Körper ernährt; wir wollen dies aufsparen, bis von der thierischen Nahrung überhaupt die Rede sein wird; aber ich kann das Wenige, was ich so eben über die Gellerte mitgetheilt habe, nicht beschließen, ohne mein Urtheil über die Versuche, in Folge deren die reine Gallerte als Nahrungsmittel verworfen ist, auszusprechen, nämlich: daß ich daraus nichts gelernt habe, als wie man Versuche nicht anstellen muß.

---

*) Siehe z. B. Bericht an S. E. den Minister des Innern, in dem Instituut Amsterdam 1843, Nro. 2, p. 97.

Mit dem aus dem Zellgewebe und den serösen Häuten erhaltenen Leim stimmt in vielen Eigenschaften, aber nicht in der Zusammensetzung eine andere Substanz überein, welche Joh. Müller unter dem Namen Chondrin beschrieben hat. Man erhält sie aus Horn, den bleibenden Knorpeln, z. B. der Nase, des Ohrs, der aspera arteria, den Gelenk- und Rippen-Knorpeln durch Auskochen mit Wasser. Diese zweite Leimart führt uns also eine andere Art der Gewebe vor. Diese verhalten sich in Betreff ihrer Zusammensetzung zum Chondrin, wie das Zellgewebe zu dem daraus bereiteten Leim; so daß, wenn man z. B. Rippenknorpel untersucht, man fast dieselbe Zusammensetzung bekommt, als wenn man das durch Auskochen daraus bereitete Chondrin analysirt. Es scheinen also ebenfalls, wie im Fischleim, wenige andere Stoffe mit der Chondrin gebenden Substanz in den genannten Geweben vorhanden zu sein (s. Knorpel). Seine Zusammensetzung ist:

$$10\,(C_{32}\,H_{52}\,N_8\,O_{14}) + S\ ^*).$$

Daß die Chondrin gebende Substanz unter andern Verhältnissen gebildet wird, als die Leim gebende, geht daraus hervor, daß man aus den Rippenknorpeln älterer Individuen,

*) Bulletin 1838, p. 77.

	gef.	At.	ber.
C	49,96	320	49,93
H	6,63	520	6,61
N	14,44	80	14,47
O	28,59	140	28,58
S	0,38	1	0,41

Das Atomgewicht der Chondrins ist zuerst durch eine Verbindung desselben mit schwefelsaurem Eisenoxyd controlirt, und durch eine Chlorverbindung des schwefelfreien Chondrins, welche Schröder analysirt hat (Scheik. Onderz. Deel I, p. 270).

	gef.	At.	ber.
C	46,11	32	45,96
H	6,09	52	6,09
N	13,71	8	13,30
O	26,88	14	26,31
Cl_2	7,21	2	8,32

Von Schröder sind auch meine früheren Analysen des Chondrins wiederholt, da Scheerer und Vogel andere Resultate erhalten hatten.

wenn sie anfangen sich zu verknöchern, beim Kochen kein Chondrin, sondern Leim erhält. Das Gewebe der Rippenknorpel wird also in dieser Zeit verändert und in Knochengewebe umgewandelt. Umgekehrt geben die zarteren Knochen des Fötus keinen Leim, sondern Chondrin, so lange die Ossification nicht begonnen hat *).

Mit Chlor vereinigt sich das Chondrin zu einer Chlorverbindung; nicht zu einer solchen, welche chlorige Säure enthält, sondern wie Schröder gefunden hat, zu:

$$C_{32}\ H_{52}\ N_8\ O_{14}\ Cl_2.$$

Andere Leim gebende Stoffe des Körpers kennt man noch nicht. Das Pyin von Güterbock, aus Tuberkelsubstanz, Granulationen der Wunden, Condylomata, Pseudomembranen, aus der Haut des Fötus u. s. w. erhalten, ist Proteintritoxyd. Endlich hat der Leim elastischer Gewebe Eigenschaften, welche zwischen denen des Chondrins, Proteintritoxyds und

---

Scheerer hat nämlich (Annalen der Pharmacie, Bd. 40, p. 49) ganze Rippenknorpel analysirt, ebenfalls die cornea und dafür gefunden:

Rippenknorpel		cornea	
50,90	49,19	49,52	50,03
6,96		7,10	
14,91		14,40	
27,23		28,98	

Außer im Wasserstoffgehalte, welcher indessen sehr wesentlich ist, nähern sich die Analysen von Scheerer den meinigen. Schröder erhielt genau die von mir gefundenen Zahlen:

C	49,93	32	49,93
H	6,61	52	6,61

Aus den Versuchen von Scheerer folgt indessen, daß Rippenknorpel sich ebenso wenig von dem daraus bereiteten Leim unterscheiden, als die Schwimmblasen der Fische von dem Fischleim.

Die Resultate der Analysen des Chondrins von Vogel (Journal de Pharmacie, Aout 1841, p. 497) sind für den Kohlenstoff unrichtig:

C	48,97
H	6,53
N	14,55
O	29,63
S	0,32

*) Müller in Poggend. Annalen, Bd. 38, p. 316.

des gewöhnlichen Leims in der Mitte stehen. Er scheint ein Gemenge zu sein.

Wie das Zellgewebe entsteht, liegt noch fast ganz im Dunkeln. Die Beobachtung, daß die Knochen des Fötus zuerst Chondrin enthalten, daß dieses darauf in leimgebendes Gewebe übergeht, sobald die Ossification begonnen hat, und daß ossificirende Knorpel nicht mehr Chondrin, sondern Leim beim Auskochen geben, ist für die Erklärung des Ursprungs der leimgebenden Gewebe sehr wichtig. Daraus folgt freilich nicht, daß alles, was Leim giebt, ursprünglich Chondringewebe gewesen ist, daß also Haut, seröse Membranen u. s. w. früher einmal Chondrin lieferten; aber die Möglichkeit besteht doch, und dies mag allenfalls ein Anhaltspunkt für fernere Untersuchungen sein. Die Umwandlung von Knochenchondringewebe in Leimgewebe und von Rippenknorpelchondringewebe in Leimgewebe ist durch Versuche erwiesen.

Daraus folgt, daß in den Organen Chondrin das ursprüngliche, Leim ein secundäres Produkt ist, und daß wir also zu untersuchen haben, einmal wie Chondrin in Leim verwandelt wird, und ferner wie Chondrin selbst entsteht.

Was den letzten Punkt betrifft, so kennen wir im Körper zwei Arten von Chondringeweben: eines, welches noch vor der Geburt sich in Leimgewebe verwandelt (in den Knochen), ein anderes, welches während einer Reihe von Jahren besteht und erst im hohen Alter eine Veränderung erleidet. Dieser merkwürdige Unterschied läßt sich chemisch nicht erklären; er muß von der Form abhängig sein, oder, wie wir zu sagen pflegen, von der Organisation.

Ferner ist bemerkenswerth, daß die wahren Leimgewebe nicht alle Knochensalze absetzen, sondern daß diese Fähigkeit allein das Knochenleimgewebe und das wahre Knorpelgewebe (in dem Alter) besitzen, die Haut dagegen und seröse Membranen, selbst wahre Leimgewebe derselben entbehren. Auch

dies läßt sich chemisch nicht erklären, sondern muß Folge der **Form**, der Beschaffenheit des Gewebes sein *).

Die Erzeugung des Chondrins in jungen, noch nicht **verknöcherten** Knorpeln läßt sich aus nichts Anderem, als **aus** einer Proteinverbindung ableiten; in dem Hühnchen, dessen junge Knochen Chondrin enthalten, sind die Hauptstoffe **Eiweiß** und Oxyprotein mit Fetten; letztere nehmen an der Chondrinbildung nicht Theil. In dem Organismus mag man sich die Entstehung und Erhaltung des Chondrins aus denselben Stoffen erklären, woraus es in jungen Individuen erzeugt wird.

Wenn wir einfach auf die procentische Zusammensetzung sehen, so scheint das Chondrin ein Bihydrat von Proteintritoxyd zu sein. Durch die Formel: $C_{40} H_{62} N_{10} O_{15} + 2 H_2 O$ lassen sich nämlich die Resultate der Analysen annähernd ausdrücken †). Aber davon abgesehen, stimmt damit die Chlorverbindung des Chondrins durchaus nicht überein (p. 341), am wenigsten im Kohlenstoffgehalt. Chondrin und Proteintritoxyd sind nicht für dieselben Stoffe zu halten.

Was nun die Bildung des Leimgewebes aus Chondrin betrifft, woran nicht zu zweifeln ist, so kann sie wenig von der des Leimgewebes aus Proteinverbindungen verschieden sein. Die Haut und die serösen Membranen entstehen direkt aus Proteinverbindungen, wahrscheinlich ohne vorausgegangene Bildung von Chondrin, so wie es in dem Knochen- und dem wahren Knorpelgewebe geschieht; aber die Chemie ist nicht im Stande dies zu erklären: man kennt die Leimsubstanz noch zu wenig und kennt auch noch keine andere Beziehung zwischen ihr und dem Protein, ausgenommen was wir in dem Leucin und dem Leimzucker p. 338 angeführt

---

*) Siehe Gewebe.

†) Man vergleiche die in der Note p. 326 und 340 mitgetheilten Versuche.

haben. Um hierüber zu einer klaren Vorstellung zu gelangen, sind neue Versuche erforderlich.

Farbstoffe des Blutes.

Eine sehr merkwürdige Substanz kommt in dem Blute der warmblütigen Thiere vor, welche vielleicht in dem Körper eine Hauptrolle spielt, deren Funktionen indessen noch unbekannt sind, nämlich der rothe Farbstoff des Blutes. Daß er für das thierische Leben nicht durchaus nothwendig ist, ergiebt sich daraus, daß er in manchen Thierklassen fehlt; bei Thieren, deren Bau zwar von allen denjenigen verschieden ist, deren Blut den rothen Farbstoff enthält, aber welche doch mit den rothblütigen so Vieles in ihren Funktionen gemein haben, daß man jenen Farbstoff nicht als wesentlichen Bestandtheil der Thiere ansehen darf. Er soll überall thätig sein, wo die Respirationsorgane bei den Thieren ausgebildeter sind. Er kommt in den Pflanzen nicht vor und kann daher durch sie auch den Thieren nicht mitgetheilt werden; der thierische Körper muß ihn selbst produciren, und zwar aus den pflanzenartigen Nahrungsstoffen, wenigstens bei solchen warmblütigen Thieren, welche nichts anderes als Pflanzen verzehren. Wie er entsteht, ist für jetzt noch unbekannt, und diese Unkenntniß ist Ursache, daß noch ein dichter Schleier viele Funktionen des Lebens unserm Auge verdeckt.

Jener Farbstoff ist in Bläschen eingeschlossen, welche in unzähliger Menge in dem Blute vorkommen und Blutkörperchen heißen. Er wird von den Wänden jener Bläschen zurückgehalten und nur in geringer Menge hier und da hindurchgelassen, so daß zwar der größte Theil desselben von den Blutkörperchen umschlossen und dort in einer Flüssigkeit vertheilt ist, aber ein anderer Theil auch außerhalb derselben in dem Blutserum angetroffen wird.

Man hat allgemein angenommen, der Farbstoff komme

in dem Blute in zwei verschiedenen chemischen Zuständen vor; nämlich in dem arteriellen Blute mit einem Uebermaaß von Sauerstoff, in dem venösen reich an Kohlenstoff oder Kohlensäure. Hierfür wird als Grund angeführt, daß das arterielle Blut hellroth, das venöse dunkler ist, daß letzteres durch Sauerstoff seine dunkele Farbe verliert und ebenfalls hellroth wird, und daß in den Laugen, wo venöses Blut sich in arterielles verändert, Sauerstoff aufgenommen, Kohlensäure entwickelt wird, und hat daraus geschlossen, daß der Farbstoff des arteriellen Blutes von dem des venösen wirklich chemisch verschieden sei.

Es sind übrigens schon lange Thatsachen bekannt gewesen, welche beweisen, daß die hellrothe Farbe nicht nothwendig vom Sauerstoff, und die dunklere nicht immer von Kohlensäure oder Kohlenstoff herrühren, indem außer dem Sauerstoff auch andere Substanzen im Stande sind, dieselbe Farbenveränderung hervorzubringen. Dazu gehören manche Auflösungen neutraler Salze, welche keinen Sauerstoff abgeben, z. B. Salpeter, schwefelsaures Natron und viele andere. Venöses Blut, damit gemengt, erhält eine eben so schön rothe Farbe, wie wenn man es dem Einflusse des Sauerstoffs ausgesetzt hat; und der Schluß ist daher gerechtfertigt, daß die Farbenveränderungen des Blutes in den Lungen keineswegs mit einer verschiedenen chemischen Zusammensetzung des Farbstoffs im Zusammenhange zu stehen brauchen.

Aus geronnenem Blute wird durch eine verdünnte Auflösung von Schwefelsäure oder Ammoniak in Alkohol der Farbstoff ausgezogen und in noch größerer Menge erhalten, wenn man Blut mit schwefelsaurem Natron vermischt und die nach einiger Zeit auf dem Boden angesammelte Schicht Blutkörperchen mit Alkohol und Schwefelsäure auszieht.

Der Farbestoff des Blutes theilt die Eigenschaft des Proteins, sich mit Säuren und Alkalien zu vereinigen; eine Eigenschaft, welche die unendliche Reihe der in dem thierischen

Körper vorkommenden Verbindungen bedeutend vermehrt. Er ist im Wasser, Alkohol und Aether, Säuren und Alkalien beinahe unauflöslich, löst sich aber in säure- oder alkalihaltigem Alkohol auf. In diesem Zustande, gereinigt von der beigemengten Proteinschwefelsäure, wird er von den Chemikern coagulirter Farbstoff genannt; uncoagulirt ist er übrigens nicht darstellbar. Jene Bezeichnung stützt sich auf eine Eigenschaft, welche man früher für den albuminhaltigen Farbstoff gefunden hatte, eine Eigenschaft, welche nur dem Eiweiß, nicht dem Farbstoff zukommt. Da er in schwefelsäure- und ammoniakhaltigem Alkohol auflöslich ist, so kann man ihn schwerlich coagulirt nennen. Er besitzt selbst in verdünnter Auflösung eine dunkle Farbe und zeigt alle Eigenthümlichkeiten des venösen Farbstoffs, obgleich er bei seiner Absonderung stets mit der Luft in Berührung, und also in dem Zustande des arteriellen Hämatins gewesen ist.

Es ist nach der Bereitungsweise unwahrscheinlich, daß der Farbstoff des Blutes dabei eine Veränderung erleidet. Sollte eine Veränderung Statt finden, so würde es dieselbe sein, wodurch venöses Blut in arterielles übergeht.

Aus dem Blute verschiedener Thiere, auf die angegebene Weise dargestellt, hat er immer dieselbe Zusammensetzung gegeben, mochte dazu arterielles oder venöses Blut angewandt sein:

$$C_{44}\ H_{44}\ N_6\ O_6\ Fe$$ *)

---

*) Bulletin 1839, p. 74.

	I.	II.	III.	IV.	V.
C	66,49	65,91	66,20	65,73	65,90
H	5,30	5,27	5,44	5,28	5,27
N	10,54		10,46	10,57	10,61
O	11,01		11,15	11,97	
Fe	6,66	6,58	6,75	6,45	

I ist aus artiellem Ochsenblute.
II aus demselben.
III aus demselben.
IV aus venösem Ochsenblute.

Die von Manchen beobachtete Veränderlichkeit des Eisengehaltes ist schlecht angestellten Versuchen zuzuschreiben; er ist constant, wenn die Verbindung richtig dargestellt war. Das Eisen ist darin als Element in chemischer Verbindung enthalten, aber kann daraus abgeschieden werden. Wird z. B. Hämatin, in Wasser vertheilt, der Einwirkung von Chlor ausgesetzt, so wird das Eisen von der gebildeten Salzsäure ausgezogen und aufgelöst; dabei wird 1 Aeq. Eisen durch 6 Aeq. chlorige Säure ersetzt. Der nun nicht mehr roth, sondern weiß gefärbte Stoff besteht aus *):

$$C_{44}\ H_{44}\ N_6\ O_6 + 6\ (Cl_2\ O_3).$$

Noch auf andere Weise läßt sich das Eisen daraus entfernen, und zwar so daß ein rother Farbstoff übrig bleibt; man vermischt nämlich trocknes Blut mit concentrirter Schwefelsäure, läßt es einige Zeit zusammen stehen und fügt Wasser hinzu. Unter Wasserstoffgasentwickelung bildet sich schwefelsaures Eisenoxydul, was durch die gewöhnlichen Reagentien erkannt werden kann. Das gut ausgewaschene Blut mit Alkohol und Schwefelsäure ausgezogen, liefert eisenfreies rothes Hämatin, in Verbindung mit Proteinschwefelsäure. Van Goudoever hat für diese Verbindung von verschiede-

---

V aus gemengtem Schafblute.

	At.	ber.
C	44	65,84
H	44	5,37
N	6	10,40
O	6	11,75
Fe	1	6,64

*) Bulletin, 1839, p. 411.

	gef.	At.	ber.
C	37,34	44	36,46
H	3,01	44	2,98
N	5,89	6	5,76
O	24,34	24	26,62
Cl	29,42	12	28,78

nen Darstellungen eine constante Zusammensetzung gefunden, welche durch folgende Formel ausgedrückt wird:

$$C_{84}\ H_{114}\ N_{16}\ O_{22}\ S\ O_3 =$$
$$C_{44}\ H_{44}\ N_6\ O_6 + C_{40}\ H_{62}\ N_{10}\ O_{12},$$
$$S\ O_3 + 4\ aq.$$ *)

Wird Hämatin auf die erstgenannte Weise, d. h. eisenhaltig und frei von Protein und Schwefelsäure dargestellt, mit concentrirter Schwefelsäure übergossen, einige Tage damit in Berührung gelassen und dann Wasser hinzugefügt, so entwickelt sich ebenfalls Wasserstoff, und die Flüssigkeit enthält schwefelsaures Eisenoxydul. Auf diese Weise läßt sich alles Eisen auflösen, und die organischen Elemente

$$C_{44}\ H_{44}\ N_6\ O_6$$

bleiben in chemischer Verbindung zurück †).

Das Eisen ist also ein Bestandtheil des Hämatins und zwar ein solcher, der daraus weggenommen werden kann, übrigens nicht, ohne zugleich die Natur des Farbstoffs zu verändern.

Man hat sich das Eisen sehr lose mit dem Farbstoff verbunden gedacht, so daß es bei der Respiration oxydirt und desoxydirt werden kann, ohne daß die eigentlichen organischen Bestandtheile des Farbstoffs daran Theil nehmen. Daß übrigens die bei der Respiration in Kohlensäure verwandelte Sauerstoffmenge nicht durch das Eisen aufgenom-

---

*) Scheik. Onderz., Deel II, p. 137

	gef.	At.	ber.
C	56,963	84	57,08
H	6,799	114	6,32
N	12,675	16	12,59
O	19,143	22	19,56
SO_3	4,420	1	4,45

†) Scheik. Onderz., Deel II, p. 151.

	gef.	At.	ber.
C	70,18	44	70,49
H	5,92	44	5,76
N		6	11,16
O		6	12,59

men und durch den Körper geführt wird, ist zweifellos, da das Blut eine viel zu geringe Quantität Hämatin enthält, um allen Sauerstoff, welcher bei der Respiration absorbirt wird, mit sich verbinden zu können.

Ferner ist das Eisen so innig mit den vier organischen Elementen des Farbstoffs verbunden, daß man gut bereitetes Hämatin viele Tage lang mit verdünnter Salzsäure oder verdünnter Schwefelsäure digeriren kann, ohne den Eisengehalt im Mindesten zu verringern. So behandeltes Hämatin hat mir nach der Verbrennung noch 9,49% Eisenoxyd gegeben; dies ist die constante Menge, welche immer beim Glühen von gut bereitetem Hämatin zurückbleibt.

Es ist also unrichtig, anzunehmen, daß man das Eisen aus dem Blute wegnehmen kann, ohne zugleich die Natur des Farbstoffs zu verändern.

Liebig stützt sich auf die Beobachtung, daß sich aus getrocknetem Blute durch verdünnte Säuren Eisen auflösen läßt; aber auch in anderen Bestandtheilen des Blutes außer dem Farbstoffe kommt Eisen vor. Reines Serum hinterläßt ebenso wie Eiweiß der Eier beim Glühen eine eisenhaltige Asche. Es ist dies Eisenoxyd, welches verdünnte Säuren aus getrocknetem Blute ausziehen, und keineswegs, wie Liebig meint *), das des Farbstoffs.

In dem reinen Farbstoff muß man sich das Eisen in dem Zustande enthalten denken, wie es im arteriellen Blute vorkommt. Darin kann es nun als Eisenoxyd (Eisensäure von Fremy läßt sich darin nicht wohl annehmen) oder als organischer Bestandtheil mit Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff verbunden sein, also nicht als Oxyd, sondern als Eisen.

Bei der leichten Veränderlichkeit des Eisens, welches nach Liebig als kohlensaures Eisenoxydul sich in Eisenoxyd

*) Thierchemie, holländische Ausgabe von Dr. Donders, p. 235.

verwandelt (wenn das venöse Blut in die Lungen tritt) und als Eisenoxyd wieder in kohlensaures Eisenoxydul zurückgeht (wenn das arterielle Blut in dem Capillarsystem venös wird), müßte durch eine verdünnte Säure alles Eisen aus dem Farbstoff ausgezogen werden können, was nicht im Mindesten der Fall ist.

Eine abwechselnde Veränderung des Eisens in kohlensaures Oxydul und in Eisenoxyd bei der Respiration ist also unmöglich.

Dazu kommt noch ein anderer Umstand, der unwiderleglich beweist, daß das Eisen in dem der Luft ausgesetzten Farbstoffe und also in dem Zustande, wie er im arteriellen Blute vorkommt, nicht als Oxyd enthalten ist; es wird nämlich durch concentrirte Schwefelsäure unter Wasserstoffentwickelung daraus aufgelöst, was nicht geschehen könnte, wenn Eisenoxyd darin enthalten wäre; ferner bleiben von $C_{44}H_{44}N_6O_6Fe$ nach der Abscheidung des Eisens $C_{44}H_{44}N_6O_6$ übrig, während diese Verbindung nur $O_{4\frac{1}{2}}$ enthalten könnte, wenn wirklich Fe_2O_3 mit 2 $(C_{44}H_{44}N_6O_{4\frac{1}{2}})$ verbunden gewesen wäre *).

Ich halte es deshalb für ausgemacht, daß das Eisen nicht als Oxyd in dem Blute enthalten ist, sondern ebenso, wie etwa das Jod im Schwamm, der Schwefel im Cystin, oder um mich noch deutlicher auszudrücken, wie das Arsenik im Kakodyl.

$C_4H_{12}As_2$ Kakodyl
$C_4H_{12}As_2 + O$ Alkarsin
$C_4H_{12}As_2 + O_3 +$ aq. Alkargen.

Diese von Berzelius über die Natur der von Bunsen entdeckten Verbindungen zuerst ausgesprochene Ansicht

*) Die Trennung des Eisens vom Farbstoff vermittelst concentrirter Schwefelsäure geht äußerst schwierig von Statten; nur durch wiederholte Behandlung mit Schwefelsäure, Vermischen mit Wasser und anhaltendes Auswaschen kann es abgeschieden werden.

kann die Funktion des Farbstoffs im Blute, wenn wirklich Sauerstoff in den Lungen davon aufgenommen wird, erklären.

Erinnern wir uns übrigens, was wir so eben über die Veränderung der rothen Farbe des venösen Blutes durch Salze, welche keinen Sauerstoff abgeben, mitgetheilt haben, so sehen wir, daß wenig Grund vorhanden ist, eine chemische Veränderung des Farbstoffs in den Lungen für wahrscheinlich zu halten. Der einzige Grund, worauf sich diese Ansicht stützt, ist die rothe Färbung des Bluts in den Lungen, und dieselbe Erscheinung bringt eine Auflösung von schwefelsaurem Natron eben so gut hervor als Sauerstoff. Dieser Grund ist also schwach und kann dem chemischen Verhalten des Blutes, welches dafür spricht, daß das Eisen darin in einem unveränderlichen Zustande enthalten sei, nicht entgegengesetzt werden.

Die Unwahrscheinlichkeit einer Oxydation des Farbstoffs in den Lungen ist durch viele alte, überall recitirte Versuche und durch einige neue von Scheerer ferner bestätigt *).

Schön rothgefärbtes frisch geschlagenes Ochsenblut, mit 2 — 3 Vol. Wasser gemengt, wird dunkelroth. Leitet man Sauerstoff durch die Flüssigkeit, so bleibt die dunkle Farbe unverändert; fügt man aber ein wenig Milch, Oel, fein gepulverte Kreide oder Gyps hinzu, so wird sie wieder hellroth.

Jene Versuche beweisen, daß die helle Farbe des Bluts von anderen Ursachen als von einer Oxydation abhängt; die dunkle Färbung von anderen, als Kohlensäure oder Kohlenstoff. Ein Blick auf diese Versuche lehrt, daß die hellrothe Farbe mit der Gegenwart weißer, in der Flüssigkeit suspendirter Theilchen im Zusammenhange steht. Das Mikroskop hat diese Ansicht bestätigt.

---

*) Zeitschrift für rationelle Medicin, Bd. 1. p. 28°. Die meisten der bis jetzt von Scheerer angestellten Versuche findet man unter andern bei Müller, Physiologie, Bd. 1, p. 310. Simon, medic. Chemie, Bd. II, p. 101.

Der Farbstoff ist zum größten Theil in den Blutkörperchen enthalten. Schon Hewson hat dies und die folgenden Thatsachen im Jahre 1587 entdeckt *).

Wenn die Farbe des Blutes hellroth ist, so sind die Bläschen biconcav. Sie reflektiren dann viel Licht und bringen dieselbe Erscheinung hervor, wie feine Kreide, Milch u. s. w. Ist die Farbe des Blutes dunkel, so sind die Blutkörperchen biconvex, oder ihre Hülle ist so dünn, daß sie alles Licht hindurchlassen; oder sie sind auch ganz aufgelöst und der Farbstoff in dem Blutwasser vertheilt. Dies geschieht, wenn man hellrothes Blut mit Wasser verdünnt. Die Blutkörperchen dehnen sich dabei aus, werden biconvex, sphärisch, die Hülle wird dünner und verschwindet endlich, wobei der Farbstoff sich in dem Blutwasser vertheilt.

Wird das Wasser nicht so lange mit den Blutkörperchen in Berührung gelassen, sondern mengt man, sobald die Farbe etwas dunkler geworden ist, eine gesättigte Lösung eines neutralen Salzes hinzu, so kommen die Blutkörperchen wieder deutlich zum Vorschein und werden wiederum biconcav. Sie contrahiren sich, oder besser, das durch das Häutchen eingedrungene Wasser vereinigt sich exosmotisch mit der Salzauflösung, und die Farbe wird heller. Es ist klar, daß, wenn man mit dem Zusetzen der Salzauflösung zu lange säumt, die rothe Farbe nicht wieder hergestellt werden kann, weil die Häutchen der Blutkörperchen zu sehr ausgedehnt, oder gar aufgelöst und verschwunden sind. Alsdann kann Kreide u. s. w. noch die rothe Farbe herstellen, wenn schon keine Blutkörperchen mehr in der Flüssigkeit zu entdecken sind. Reibt man ein Stück Blutkuchen mit einer Salzauflösung zusammen, so erhält man ein hellrothes Liquidum, welches, in ein Cylinderglas geschüttet, eine hellrothe Schicht

*) Siehe Schultz, über die Hewson'schen Untersuchungen der Blutbläschen, Leipzig, 1835.

vom Blutkörperchen absetzt; darüber steht eine blaßrothe Flüssigkeit, worin man keine oder nur wenig Blutkörperchen mehr findet. Gießt man die obere Schicht ab und versetzt die untere hellrothe mit Wasser, so verschwinden die Blutkörperchen und die Farbe wird dunkler.

Läßt man Blut in einer Salzauflösung einige Tage stehen, so nimmt die hellrothe Masse allmälig eine dunkle Farbe an. Es wird viel kohlensaures Ammoniak gebildet, während die Blutkörperchen sich verändern, beutelartig werden und sich zersetzen.

Leitet man in frisches Blut, dessen Blutkörperchen biconcav sind, Kohlensäure, so werden sie biconvex, und das Blut färbt sich dunkelroth.

Die Versuche von Scheerer und Anderen liefern den Beweis, daß bei der Respiration Oxydation des Farbstoffs nicht Statt zu finden braucht, und das Blut doch seine dunkle Farbe verlieren und hellroth werden kann.

An diese Versuche reihen sich noch einige andere von E. J. W. von Baumhauer, welche unter meinen Augen vorgenommen sind.

Geronnenes Ochsenblut in Stücken der Luft ausgesetzt, wird überall roth, wo es damit in Berührung kommt. Taucht man solche rothe Massen in das alkalische Serum, so werden sie wieder dunkel; der Luft aufs Neue ausgesetzt, färben sie sich abermals roth. Unter Wasser werden sie wieder dunkel.

Dunkles geronnenes Ochsenblut wird in einer Auflösung von Jodkalium und schwefelsaurem Natron sehr hellroth; in Salpeter, schwefelsaurem Kali und Chlornatrium ebenfalls, aber in geringerem Grade; unter Wasser dunkler, ebenfalls durch eine Säure.

Hellrothe Stücke, in sehr verdünntes Kali und Ammoniak gelegt, werden sogleich schwarz. Sie schwellen dabei

auf und werden gallertartig; Natron, Kalk und Barytwasser wirken auf gleiche Weise, aber langsamer.

Solche Massen werden ebenfalls schwarz in kohlensäurehaltigem Wasser, in sehr verdünnten Auflösungen von Weinsteinsäure, Oxalsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Salzsäure, Essigsäure, Salpetersäure und Borsäure, in ersterem am stärksten, in letzterer am wenigsten.

Die genannten Salzauflösungen coaguliren das Globulin, die Säuren lösen es auf, nachdem sie es in einen gallertartigen Zustand versetzt haben; die Alkalien ebenfalls. Dies kann wenigstens von dem Globulin angenommen werden, nach den Eigenschaften, die man vom Fibrin kennt.

Suchen wir uns nun von der Farbenveränderung des Blutes in den Lungen Rechenschaft zu geben, in der Voraussetzung, daß der Farbstoff dabei keine Veränderung erleidet.

Der Farbstoff ist fast ganz in dünne Membranen, die Blutkörperchen in Zellen, meist mit ihren Kernen versehen, eingeschlossen.

Jene Zellenmembranen bestehen aus einer Proteinverbindung; nicht aus Albumin, sondern entweder aus einer Substanz, woraus sich beim Coaguliren des Blutes Fibrin erzeugt, und welche durch Auflösung der Membranen sich in dem Serum vertheilt, oder aus einer besonderen Proteinverbindung, dem Globulin.

Im Blute ist der bei der Coagulation Fibrin erzeugende Stoff aufgelöst.

Die Proteinverbindungen, besonders die Fibrin bildende Substanz, haben die Eigenschaft, mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung, zwei Oxyde zu bilden: $C_{40}H_{62}N_{10}O_{14}$ und $C_{40}H_{62}N_{10}O_{15}$. Eine solche Verbindung findet man in der Entzündungshaut *). Oxydirt sich die Proteinverbindung zu

*) Siehe oben p. 326, 327.

den beiden genannten Oxyden, so wird sie, wie man sagt, plastisch; sie erhält eine Neigung, fest zu werden, schließt sich an feste Körper an und legt sich als eine dünne Schicht um die Zellenmembran der Blutkörperchen.

Nach der Respiration besteht demnach die äußerste Hülle der Zellenmembran der Blutkörperchen aus derselben Substanz, welche die Entzündungshaut bildet, sie muß weniger durchscheinend, weiß sein.

So verhält es sich in dem arteriellen Blute. In dem Capillarsystem wird die äußerste weiße Schicht jener Zellenmembran zum Stoffwechsel verbraucht und verschwindet wieder; das übrig Bleibende, von der weißen Schicht befreit, ist wieder durchscheinend geworden und zeigt den ursprünglich dunklen Farbstoff; während dieser in den arteriellen Blutkörperchen durch die weiße Hülle hindurch ebenso hoch roth erscheinen muß, als dunkelrothes Blut in einem Gefäß von Milchglas, wie Scheerer bemerkt hat *).

Eine andere Beobachtung können wir uns hierbei zu Nutze machen, nämlich daß die hellrothen Blutkörperchen biconcav, die dunkelrothen biconvex sind. Bekanntlich hat die Endzündungshaut ein Bestreben, sich zu kräuseln, concav zu werden. Erhalten die Blutkörperchen in den Lungen wirklich eine Hülle von Proteinoxyd, so muß letztere jenen eine ähnliches Ansehen geben, welches wir bei der Entzündungshaut beobachten. Daraus erklärt sich zugleich die Biconcavität der Blutkörperchen. Bei der Bildung einer Entzündungshaut ist die Neigung der Speckhaut, concav zu werden, so groß, daß der Blutkuchen in der Mitte dadurch ganz niedergedrückt wird. Insofern also eine Reflexion des Lichtes bei den hellrothen Blutkörperchen und eine Durchlas-

---

*) Wie sehr thierische Gewebe die Farbe des Hämatins modificiren, beweist die blaue Farbe, welche das dunkle venöse Blut annimmt, wo es durch die Venen, die Haut u. s. w. hindurchscheint.

sung bei den dunkelrothen Blutkörperchen in Rechnung kommt, ist sie zum Theil aus jener Erscheinung zu erklären.

Endlich bemerkt Scheerer ganz richtig, daß man bei den venösen Blutkörperchen keine andere Gestalt, als bei den arteriellen wahrnimmt, aber daß daraus nicht folgt, daß keine Verschiedenheit stattfindet, da die dünne Schicht venösen Blutes, unter das Mikroskop gebracht, so sehr der Luft ausgesetzt ist, daß sie in arterielles Blut verwandelt sein muß.

Die ganze Erscheinung des Rothwerdens des venösen Blutes in den Lungen halte ich nicht mit Scheerer für eine gemeinschaftliche Folge des Verlustes der Kohlensäure und des Wassers, der Sauerstoffabsorption und der Aufnahme des milchweißen Chylus in dem ductus thoracicus, sondern für eine einfache Folge der Bildung von Proteinoxyd.

Auf diese Weise läßt sich die dunkle Farbe des Pfortaderblutes, welche man früher dem Kohlenstoff zuschrieb, als ob Holzkohle in dem Blut enthalten wäre, aus der Beschaffenheit der Zellenmembran der Blutkörperchen einfach ableiten. Eine geringe Menge Kohlensäure (oder auch Alkali) mehr in dem Pfortaderblute, erklärt die dunklere Farbe, insofern die Membran der Blutkörperchen durch mehr Kohlensäure (oder mehr Alkali) gallertartiger, durchscheinender wird.

Verdünnte Säuren lösen bekanntlich Fibrin und Albumin auf, nachdem sie ihm zuvor eine gallertartige Beschaffenheit mitgetheilt haben *). Leitet man also durch hellrothe im Wasser vertheilte Blutkörperchen Kohlensäure, so wird die weiße Hülle durchscheinend, gallertartig, und die ursprüngliche dunkelrothe Farbe des Hämatins tritt deutlicher hervor. Diese Veränderung, künstlich hervorgebracht, hat, obgleich sie die dunkle Färbung des Blutes in dem Capillarsystem zu erklären scheint, dennoch nichts gemein mit dem Processe,

*) Scheik. Onderz.. D. I. p. 576.

welcher in dem Capillarsystem vor sich geht, wo die freigewordene Kohlensäure sich unmittelbar mit dem Alkali des Blutes vereinigt, ohne das Serum sauer zu machen, was beim Hindurchleiten der Kohlensäure durch Blutwasser geschieht. Die Kohlensäure kann also in dem venösen Blute die Membran der Blutkörperchen nicht durchscheinend machen und also auch keineswegs zu den Ursachen seiner dunklen Farbe gezählt werden. Aus demselben Grunde können die Blutkörperchen in dem arteriellen Blute unmöglich diejenige Form haben, mit der wir sie im Blutwasser finden, wodurch man einen Ueberschuß von Kohlensäure geleitet hat.

In dem venösen Blute muß man eine dünne Membran, ein rothes Zellchen finden; in dem mit Kohlensäure künstlich gesättigten Blutwasser eine gallertartige durchscheinende Zellenmembran.

Endlich ist das Rothwerden des dunkeln Blutes durch concentrirte Salzauflösung ohne Zweifel Folge einer Art Coagulation der Zellenmembran der Blutkörperchen, und steht mit der Röthung des Blutes durch Sauerstoff in keinem ursächlichen Zusammenhange, außer insofern, als in beiden Fällen die Membran weiß wird. In dem einen Falle entsteht das Weiß durch Oxydation und wahrscheinlich durch Condensation einer neuen Schicht auf ihrer Oberfläche; im letzten Falle durch Contraction oder Coagulation der Membran selbst. Die Eigenschaft des Globulins, durch schwefelsaures Natron, Salpeter u. s. w. sich zu contrahiren, ist sehr wichtig. Sie liefert den stärksten Beweis für die besondere Existenz des Globulins und lehrt, daß dasselbe an dem Stoffwechsel keinen großen Antheil nimmt.

Ich habe anderswo *) nachgewiesen, daß die Proteinverbindungen des Bluts in den Lungen Sauerstoff aufnehmen. Der Farbstoff spielt vielleicht keine wesentliche Rolle

*) Scheik. Onderz., D. I. p. 550.

bei der Respiration; wenigstens wird seine Farbe durch Sauerstoff oder Kohlensäure nicht im Mindesten, durch Stickoxydul nicht bedeutend und durch Schwefelsäure und Schwefelwasserstoff fast gar nicht verändert, wie aus den mit reinem Farbstoff ausgeführten Versuchen hervorgeht *), Versuche, welche mich früher an der Oxydation des Farbstoffs in den Lungen immer zweifeln ließen **).

Wo das Hämatin entsteht und was daraus wird, ist schwer zu beantworten. Daß es ein Secret der Blutbläschen ist, erleidet keinen Zweifel, und da diese aller Wahrscheinlichkeit nach aus Lymphkügelchen erzeugt werden †), so geschieht die Bildung des Farbstoffs in dem Kreise des Blutumlaufs selbst auf Kosten der Bestandtheile des Blutes.

Daß er regenerirt, consumirt und abermals reproducirt wird, ist ebenso zweifellos, als es von allen organischen Bestandtheilen des Körpers gilt. Aber zu welchen Zwecken er verwandt wird, ist jetzt, nachdem die frühere Ansicht über seine Funktion bei der Respiration widerlegt ist, zweifelhaft. Welche Metamorphosen er in dem Körper erleidet, ist also auch unbekannt. Wahrscheinlich hat man indessen seine Zersetzungsprodukte in der Galle zu suchen, deren Bilifulvin von Hämatin herrühren mag, welches seine Funktion in dem Körper erfüllt hat.

Eine schnelle Regeneration desselben ist nicht anzunehmen; ganz in Bläschen eingeschlossen tritt es nur dann heraus, wenn die Wände der Bläschen selbst aufgelöst werden. Die Blutkörperchen sind, wie es scheint, im hohen Grade beständig.

---

*) Bulletin 1439, p. 79.

**) Bulletin 1839, p. 82.

†) Julius Vogel will die Bildung der Blutkörperchen in fungus medullaris beobachtet haben: Icones Histologiae Pathologicae, Tab. 5; ich halte dies für unwahrscheinlich.

Die letzte zu beantwortende Frage ist die, ob das Hämatin unverbunden, oder ob es in irgend einer chemischen Verbindung in den Blutkörperchen vorhanden ist.

Wir kennen eine durch Schwefelsäure aus dem Blut erhaltene constante Verbindung von Proteinschwefelsäure mit eisenfreiem Hämatin. Aus diesem Grunde ist es wahrscheinlich, daß es in den Blutkörperchen mit einer Proteinverbindung chemisch vereinigt vorkommt, was darin fernere Bestätigung findet, daß rothes Serum, durch Wärme coagulirt, den Farbstoff hartnäckig zurückhält u. s. w.

Aber die Natur jener Verbindung und ihr physiologisches Verhalten ist gänzlich unbekannt.

Was im Obigen über den Farbstoff des Blutes gesagt ist, soll nur dazu dienen, die gegenwärtigen Ansichten über seine Funktion zu modificiren; er spielt wahrscheinlich in dem Organismus keine Hauptrolle, und seine Besprechung gehört deshalb eigentlich nicht an diese Stelle. Von einem physiologisch chemischen Standpunkte aus hält man ihn für wichtig; er ist dies wahrscheinlich nicht.

Die hier aufgezählten Körper setzen, soweit wir jetzt wissen und mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen, das Pflanzen- und Thierreich in ihren Haupttheilen zusammen. Aber die Zahl der Stoffe, welche außerdem in beiden Reichen vorkommen, ist fast unzählig. In den Pflanzen findet man Säuren der verschiedensten Art, gefärbte Stoffe, stickstofffreie bittere Substanzen, flüchtige Oele, Harze; aber sie gehören nicht zu den allgemeinen Bestandtheilen derselben. Wir kommen daher darauf zurück, wenn von den verschiedenen Funktionen der Pflanzen die Rede sein wird, Funktio-

nen, deren Produkte sie sind. Unter den thierischen Stoffen giebt es übrigens sehr viele, welche bei der Funktion gewisser Organe eine wichtige Rolle spielen; dazu gehören namentlich die abgesonderten Stoffe; sie sind Zersetzungsprodukte der allgemeinen Bestandtheile des thierischen Körpers und verdienen daher eine besondere Beachtung. Ueber sie wird in dem Capitel, welches über jene Funktionen handelt, die Rede sein.

VII. Bestandtheile des organischen Reichs mit eigenthümlichen Formen.

Elementarform der Organe.

Wir haben in dem vorhergehenden Abschnitte die allgemeinen Bestandtheile des organischen Reichs betrachtet; und obgleich dabei die eigenthümliche Gestalt derselben schon berücksichtigt wurde, so verdient die Form doch noch eine specielle Betrachtung, namentlich die Form derjenigen Stoffe, woraus die kleinsten Theile der Organe bestehen, und welche bald einfache organische Körper, bald Verbindungen mehrerer unter einander sind.

Die organisirten Körper sind dadurch charakterisirt, daß sie gewisse Funktionen erfüllen und, was damit zusammenhängt, daß sie in einer unaufhörlichen Veränderung begriffen sind, während die unorganisirten Verbindungen, wenn nicht äußere Ursachen mitwirken, in dem einmal angenommenen Zustande fortwährend verharren.

Der Begriff des Wortes Funktion ist an und für sich klar; wir verstehen darunter im Allgemeinen die Eigenschaft, nach Außen hin eine Veränderung zu Wege zu bringen; diese mag sich nun auf die Erzeugung eines neuen Körpers beziehen oder in der Hervorbringung einer einfachen Bewegung bestehen.

Solche Kraftäußerungen, welcher Art sie auch sind, gehen nicht bloß von einer Summe von Organen aus, sondern

sie gehören den organischen Molekulen an, deren jedes mitwirkt, um eine Einheit hervorzubringen, welche als selbstständiges Ganzes auftritt und deren Funktionen als die Summe der Kräfte, welche den constituirenden Molekülen angehören, betrachtet werden müssen (S. 86).

Wenn wir erwägen, wie klein die Zahl der Stoffe ist, welche wir als die entfernteren Bestandtheile des organischen Reichs ansehen, und mit wie geringen Mitteln so unendliche Mannigfaltigkeit erzielt wird, so werden wir leicht die Ueberzeugung gewinnen, daß die Materie mit allen ihren chemischen Eigenschaften allein nicht im Stande ist, solche Mannigfaltigkeit hervorzurufen. Zwei scheinbar identische Pflanzenstoffe treten nicht nur in verschiedenen Formen auf, sondern bringen auch z. B. in Papaver ganz andere Verbindungen hervor, als in Aconitum oder Quercus; sie erzeugen sogar in verschiedenen Organen derselben Pflanze verschiedene Produkte. Dieselben Erscheinungen finden wir auch im thierischen Organismus.

Führen jene Beobachtungen zu dem Schlusse, daß die Funktion eines organischen Wesens nicht unmittelbare Folge einer rein chemischen Kraft ist, so muß doch festgehalten werden, daß von allen Veränderungen, welche wir bei der Materie wahrnehmen, der letzte Grund in der chemischen Natur derselben selbst liegt.

Wenn aber die Materie mit den ihr inwohnenden Kräften nur dann im Stande ist, jene Erscheinungen hervorzubringen, sobald sie eine bestimmte Form angenommen hat, so ist letztere zur Erfüllung der Funktion ebenso nothwendig, wie sie von der chemischen Natur der die Form bildenden Substanz abhängt. Wird ein vegetabilisches oder animalisches Gewebe durch eine mechanische Gewalt zerrissen, oder ein einfaches Zellenhäutchen von einem scharfen Körper verletzt, so hat die normale Funktion des Gewebes und Zellenhäutchens von diesem Augenblicke an ein Ende.

Erfolgreiche neuere Untersuchungen haben jene Schlüsse vollkommen bestätigt, und es ist seitdem über allen Zweifel erhoben, daß in der organischen Welt die Form von ebenso großer Bedeutung ist als die Materie. Man hat beobachtet, daß geringe materielle Unterschiede die Bildung verschiedener Formen veranlassen, und daß anderseits kleine Differenzen in der Form wesentliche materielle Verschiedenheiten zur Folge haben. Form und Materie sind daher in der Werkstätte der Natur von einander so unzertrennlich, daß sich kaum bestimmen läßt, was erste und was letzte Ursache ist.

In dieser Beziehung sind die mikroskopischen Beobachtungen von unschätzbarem Werthe, da sie uns über den Bau der größeren Organe wie über die Struktur auch der feinsten Gewebe belehren und über die Formen Aufschlüsse geben, welche bei scheinbar gleicher chemischer Beschaffenheit so verschiedene Eigenschaften besitzen.

Aus dem Satz, daß gleiche Ursachen gleiche Wirkungen hervorbringen, folgt, daß ein und dieselbe Substanz nur eine Form annehmen kann, und daß einer Formverschiedenheit materielle Unterschiede zum Grunde liegen müssen. Letztere können natürlich mannichfacher Art sein, was die Erfahrung bestätigt. Die geringfügigsten fremdartigen Beimengungen verändern z. B. die Eigenschaften der im Pflanzen- und Thierreich so allgemein verbreiteten Substanz, des Zellenstoffs, in so auffallender Weise, daß man bei oberflächlicher Betrachtung jene Erscheinungen für naturwidrig zu halten geneigt ist.

Einen großen Theil der Formverschiedenheiten organischer Körper veranlassen ohne Zweifel die sogenannten unorganischen Bestandtheile derselben. Wenn z. B. der Kalk- oder Magnesiagehalt der Substanz, welche die verschiedenen Zellenreihen bildet, differirt, so ist der Körper, woraus die eine Zellenreihe geformt ist, nicht mehr mit derjenigen identisch, woraus die anderen Reihen bestehen, vorausgesetzt, daß Kalk

und Magnesia chemisch damit verbunden sind. Daß die Cellulose der Pflanzenzellen wirklich kleine Mengen unorganischer Stoffe in inniger Verbindung enthält, beweis't schon der Umstand, wie schwierig es ist, jene Basen aus Papier und holzartigen Materien auszuziehen. Papier zu wiederholten Malen mit Salzsäure behandelt, hinterläßt beim Glühen immer noch eine wägbare Menge Asche, welche dem Chemiker bei quantitativen Bestimmungen oft unüberwindliche Hindernisse bereitet.

Die Aschenrückstände verschiedener Arten organischer Gewebe variiren in ihrer chemischen Zusammensetzung, und wahrscheinlich auch diejenigen, welche verschiedenen Elementarformen angehören. Obgleich daher dieselbe Cellulose so verschiedene Zellenreihen zusammensetzt, so darf man die bildende Substanz darum doch nicht für identisch halten. Die chemische Affinität ist für jede Basis und für jede Menge derselben eine andere; die Effekte müssen daher verschieden sein, wenn die eine Basis durch eine andere vertreten wird, oder wo wir verschiedene Mengen derselben Basis mit Cellulose vereinigt finden. Hieraus, glaube ich, läßt sich erklären, wie die Zellensubstanz so verschiedene Formen annehmen und so mancherlei Produkte erzeugen kann.

Dasselbe gilt von den thierischen Stoffen, namentlich von der leimgebenden Substanz. Ein seröses Häutchen, das Gewebe der Haut, das Zellgewebe unter der Haut und das der Knochen sind sämmtlich leimgebende Gewebe. Bei absoluter Identität der Substanz, welche unter jenen vier Formen auftritt, wäre eine Verschiedenheit in Form und Funktion nicht statthaft; es müssen Unterschiede irgend einer Art bestehen. Wir finden nun, daß die leimgebende Substanz, in welcher Form sie auch vorkommt, stets gleiche Zusammensetzung und eine gleiche Constitution hat; untersucht man aber jene Gewebe auf das, was wir B e i m e n g u n g e n zu nennen pflegen, so stellen sich beachtenswerthe Differenzen heraus; und

darum ist die leimgebende Substanz organisch nicht immer dieselbe.

Eine geringe Differenz in dem Gehalt an basisch-phosphorsaurem Kalk

$$3\ Ph_2\ O_5 + 8\ CaO$$

macht sie augenblicklich zu einem andern chemischen Körper und veranlaßt eine solche Gruppirung der elementaren Theilchen, daß dadurch eine Verschiedenheit in der Funktion hervorgerufen wird, welche bei gleicher Beschaffenheit der Bestandtheile nicht würde stattfinden können.

Es verdienen daher die beigemengten Stoffe, welche bei den Analysen gewöhnlich unter dem nichtssagenden Namen von Asche aufgeführt werden, eine viel größere Beachtung, als ihnen bis jetzt zu Theil geworden ist. Man muß die Elementargewebe rein darstellen und ihre Asche untersuchen, dann wird die paradoxe Meinung, welche — zum großen Nachtheile für die Wissenschaft — noch immer Eingang findet, daß nämlich gleiche Stoffe ungleiche Produkte hervorbringen, ihre Geltung verlieren und dem übermäßigen Streben nach Auffinden von Identität, welches jetzt manche Chemiker so sehr beseelt, ein Ziel gesetzt werden. Die Hauptbestandtheile des organischen Reichs beschränken sich nur auf eine geringe Anzahl, aber die beigemengten unorganischen Stoffe variiren sowohl ihrer Qualität wie ihrer Quantität nach, und darum zeigen die constituirenden Bestandtheile der Organe selbst eine unendliche Mannigfaltigkeit.

Ich will hier noch darauf hinweisen, was ich früher (S. 312) über den Unterschied vom Eiweiß und Faserstoff des Blutes angeführt habe, welcher nur durch den Mehrgehalt des einen an $^3/_{10}$ Procent Schwefel bedingt ist; ferner was (S. 65 u. 76) über die Art der Gruppirung organischer Moleküle gesagt ist, wonach zwei Körper von gleicher procentischer Zusammensetzung dynamisch chemisch verschieden sein können. Ich citire jene Stellen, weil die bei den organischen

Stoffen beobachtete Polymorphie sich auch aus dem dort Angeführten erklären läßt. Solche Erfahrungen drängen mir die Ueberzeugung immer stärker auf, daß einer jeden beobachteten Formverschiedenheit eines animalischen oder vegetabilischen Gewebes eine wesentliche chemische Verschiedenheit zum Grunde liegt.

Der innige Zusammenhang zwischen Form und Funktion ist durch die ausgezeichneten Untersuchungen, welche in neuester Zeit mit Hülfe des Mikroskopes ausgeführt sind, auf das Evidenteste bewiesen. Man hat beobachtet, daß die Organe, denen gleiche Funktionen zukommen, gleichartige Gewebe enthalten, gleich wie für die Organe mit verschiedenen Funktionen die Formen der Gewebe wechseln. Ist demnach die Funktion von der Form abhängig, so ist sie es auch von der die Form bildenden Materie und den der Materie inwohnenden Kräften. Daraus erhellt, in wie naher Beziehung und Wechselwirkung Materie, Form und Funktion zu einander stehen.

Gelten diese Betrachtungen von der Thätigkeit der thierischen und Pflanzenorgane im normalen Zustande, so finden sie gewiß auch auf alle krankhaften Zustände sowohl eines einzelnen Organs wie des ganzen Organismus Anwendung.

Der Zusammenhang der verschiedenen Organe, welche im thierischen Körper die Nerven und Gefäße und im Pflanzen- wie im Thierreich die Zellenreihen vermitteln, ist solcher Art, daß schwerlich die von Bichat ausgesprochene Idee wohl jemals realisirt werden dürfte: daß man nämlich einmal dahin gelangen werde, den Organismus in kleine Theile zu zerlegen, womit sich die Begriffe von Lebenskraft eben so einfach verbinden lassen, wie man von der Schwere, Elasticität u. s. w. der unorganischen Stoffe redet. Aber wenn auch so einfache Vorstellungen über den Zusammenhang der Theile eines organisirten Wesens nicht möglich sind, so können wir uns doch einem richtigen Verständniß dieser Beziehungen nähern und befinden uns dazu gegenwärtig auf dem Wege, zu

einer Zeit, wo man eben erst angefangen hat, zwischen Materie, Form und Funktion Beziehungen aufzusuchen.

Aus obigen Gründen ist eine kurze Betrachtung der Elementarformen der Organe dem Zweck des vorliegenden Werkes nicht unangemessen. Wo es uns für den Augenblick noch an Einsicht in den Zusammenhang zwischen Materie, Form und Funktion fehlt, — und dies ist leider noch häufig der Fall — da wird es doch nicht überflüssig noch zwecklos sein, wenigstens die Formen zu studiren, als zur chemischen Geschichte des Körpers gehörend. Der Chemiker darf in dem leimgebenden Gewebe nicht bloß Leim und der Histolog nicht bloß Fasern von einer bestimmten Form sehen; es ist vielmehr für den Chemiker eben so nothwendig, die Elementarformen der Gewebe zu kennen, als er wissen muß, daß die Krystallform des Alauns ein Oktaeder ist.

Wir verdanken hauptsächlich Schleiden*) und Schwann**) die Kenntniß der einfachen Grundformen der Organe des Thier- und Pflanzenreichs. Die Resultate dieser Untersuchungen, welche bereits den Gegenstand einer besondern Lehre ausmachen, will ich hier kurz darlegen.

Alle organisirten Wesen sind aus einer Menge kleiner Theilchen zusammengesetzt, welche ihrem Sein und Werden nach bei Pflanzen und Thieren übereinkommen, aber sich nach verschiedenen Gesetzen verbinden, und deren Produkte daher nicht nur in den beiden Naturreichen von einander abweichen, sondern auch in den einzelnen Organen desselben Thiers und derselben Pflanze variiren. Diese kleinen nur dem bewaffneten Auge sichtbaren Theilchen sind also ihrer Form und Entwickelung nach gleich, aber ihre Verbindungen und deren Funktionen ändern sich mit der chemischen Beschaffenheit der constituirenden Bestandtheile.

---

*) Schleiden in Müller's Archiv, 1838, S. 137. Beiträge zur Phytogenesis.

**) Mikroskopische Untersuchungen, Berlin 1839.

Ihre Thätigkeit äußert sich zunächst in ihrer Verbindung unter einander und in den Metamorphosen, welche sie durch gegenseitige Einwirkung erleiden. Die chemische Natur der Substanz, welche in dem Thiere und der Pflanze und in den verschiedenen Organen derselben variirt, ist Ursache, daß sie sich nach ihrer Gruppirung als ganz neue Gebilde darstellen, Gebilde, deren Eigenschaften und Funktionen eben so mannigfaltig sind, wie die Verbindungen der Elementarformen selbst.

Gewebe, wie man sie im Thier- und Pflanzenreich antrifft, sind nichts anders als Gruppen derselben Elementarformen. Ihre Funktionen ändern sich daher auch mit der Gruppirung der Elementarformen.

Bei der Zergliederung der zu einem gewissen Ganzen verbundenen organischen Theile hat man zu beachten: die Grundformen der organischen Materie, die Art und Weise, wie die Grundformen verändert werden und wie sich die abgeleiteten Formen verbinden. Letzteres ist Gegenstand der Gewebelehre.

Die Grundformen, welche die organischen Stoffe annehmen, wenn sie zu organisirten werden, sind meistens, oder wie Manche behaupten, immer kleine Bläschen, welche sich nur mit Hülfe des Mikroskops unterscheiden lassen. Man nennt sie Elementarzellen, Kernzellen, primäre Zellen. Aus solchen Zellen sind, wenn nicht alle, doch die meisten Gewebe zusammengesetzt. Sie erscheinen in der einfachsten Form in den in ihrer Entwickelung begriffenen vegetabilischen und animalischen Theilen als kleine mit einer Flüssigkeit gefüllte mikroskopische Bläschen. Der Inhalt ist oft körnig. Das Bläschen wird durch ein dünnes Häutchen gebildet, worin man bei den thierischen Zellen ganz allgemein, bei den Pflanzen nur in den jungen Zellen irgendwo einen Kern unterscheidet.

Es ist diese Grundform der vegetabilischen und animalischen Gewebe, wodurch sich die organisirten Körper von den

unorganisirten unterscheiden, woraus die allerverschiedensten organischen Gebilde hervorgehen, woraus mit einem Worte das ganze organische Reich besteht und wodurch es erhalten wird.

Diese fast durchgreifende Allgemeinheit des Vorkommens derselben Grundformen da, wo die verschiedensten chemischen Körper organisirt werden, ist im höchsten Grade merkwürdig. Schleiden und Schwann haben sie, der eine im Pflanzenkörper, der andere im thierischen Organismus, verfolgt und sind zu gleichen Resultaten gekommen.

Man hat sie im Blute, als Blutkörperchen, in der Lymphe, im Schleim und Eiter und beinahe in allen festen Bestandtheilen des thierischen Körpers gefunden; selbst der Keim eines neuen Individuums ist nichts Anderes, als ein mit Feuchtigkeit gefülltes und mit einem Kern versehenes Bläschen.

Mehrere Naturforscher, namentlich Purkinje, Valentin, Henle und Turpin, haben die Entdeckung vorbereitet, welche zuerst von Schleiden und Schwann in ihrer größten Allgemeinheit ausgesprochen ist, indem sie zeigten, daß bei allen in der Entstehung begriffenen organisirten Körpern stets dieselben Grundformen angetroffen werden, woraus sich später Alles entwickelt.

Bei Untersuchung dieser Elementarzellen hat man gefunden, daß, wenn ihre Wandung durch irgend ein Medium aufgelös't wird, der Kern in der Regel zurückbleibt. Der Kern ist also ein besonderer Körper; man nennt ihn Cytoblast, Nucleus. Darin lassen sich immer ein, zwei oder mehrere dunkle Punkte unterscheiden, welche man Nucleoli genannt hat. Ueber die Natur dieser Nucleoli ist unsere Kenntniß noch sehr mangelhaft, man kann nicht sagen, ob es Höhlungen, Bläschen oder feste Kügelchen sind. Sie liegen an der innern Wand des Kerns.

Die Kerne selbst werden für kleine Zellen gehalten; sie

sind mit der Zelle vereinigt und machen einen wesentlichen Bestandtheil derselben aus.

Die Zellen sind von einer bald dünneren, bald dickeren Flüssigkeit umgeben, welche mit dem Alter des Gewebes immer consistenter und zuletzt fest wird und die Substanz bildet, welche die Zellen unter einander verbindet.

Die Entstehung der Zellen hat man sich auf folgende Weise vorgestellt. Man sieht in einer formlosen, dickflüssigen, bisweilen halb gallertartigen Masse, welche Cytoblastema genannt wird, und worin die zur Zellenbildung nöthigen Stoffe vorhanden sind, kleine runde Körnchen entstehen (Nucleoli); um diese setzt sich eine Schicht einer körnigen Substanz ab, welche immer dicker wird und den Kern (Nucleus) bildet; ein ovaler oder runder kleiner Körper mit meist undurchscheinender und körniger Oberfläche, welcher selbst für ein Bläschen, also für ein Zellchen gehalten wird. Von der Oberfläche dieses Kernes erhebt sich ein Bläschen als ein Kugelsegment. Das Bläschen ist dünn und durchscheinend, ist anfangs kleiner als der Kern, dehnt sich aber sehr schnell aus und wird so groß, daß der Kern gegen die innere Wandung des zur höchsten Ausbildung gelangten Bläschens als ein kleines Körperchen zurückbleibt. Die zur Entstehung des Bläschens nöthige Substanz wird von dem Cytoblastema geliefert und letzteres von dem Kerne zu einem Bläschen verarbeitet. Das Kernkörperchen (Nucleolus) ist also primäres Produkt, sein Keim muß in der zähen organischen Flüssigkeit, dem Cytoblastema, enthalten sein. Die erste Spur von Organisation tritt mit dem Sichtbarwerden des Nucleolus auf, d. h. mit der Entstehung eines kleinen mikroskopischen Körperchens, welches körnige Substanz aus dem Cytoblastema auf seine Oberfläche niederschlägt und dadurch ein kleines schöpfendes Organ, den Kern, erzeugt.

Der Kern verarbeitet das Cytoblastema zu einer sich an seiner Oberfläche befestigenden granulösen Substanz, woraus

das Zellenhäutchen entsteht, welches, während die granulöse Substanz des Cytoblastema durch den Nucleus mehr und mehr auf seiner Oberfläche verdichtet wird, sich ausdehnt, mit einer Flüssigkeit füllt und in ein Bläschen übergeht, worin der Kern, der das Bläschen abgeschieden hat, eingeschlossen und an irgend einer Stelle der Zellenwandung angeheftet bleibt. Die Flüssigkeiten, welche die Zellen füllen, sind verschieden je nach der Natur der Organe, welche daraus entwickelt werden sollen.

Liegen zwei Nucleoli dicht neben einander, so verschmilzt die von dem einen hervorgebrachte granulöse Substanz mit der andern und beide erhärten zusammen; beide Nucleoli fahren demohngeachtet fort, jeder für sich jene Substanz abzuscheiden, und so entsteht zuletzt eine Zelle mit einem Kern und zwei Kernkörperchen.

Diese Theorie der Zellenbildung, welche von Schleiden und Schwann aufgestellt ist, der aber Henle *) und Andere nicht ganz beipflichten, geht von der Annahme aus, daß in den Zellen immer ein Kern vorhanden sei. Es giebt aber viele Zellenreihen, wo man bei der Entstehung der einzelnen Zellen keinen Kern wahrnimmt, oder in deren Kernen man keine Kernkörperchen findet, z. B. bei den Kryptogamen, und selbst nach Meyen bei vielen Phanerogamen **). Auch bei den Zellen des thierischen Organismus hat man ähnliche Beobachtungen gemacht, was Schwann aus der Absorption des Kerns oder der Kernkörperchen nach vollendeter Zellenbildung erklärt.

Diese und ähnliche Beobachtungen sind Ursache, weshalb gegenwärtig noch viele Physiologen der obigen Ansicht über die Entstehung der Zellen nicht beipflichten. Diejenigen, welche sich besonders mit der Untersuchung animalischer Gewebe beschäftigen, theilen in der Regel die Ansichten Schleiden's

*) Lehre von dem Gewebe, Leipzig, 1841. S. 154.

**) Wiegmann's Archiv, 1839, Bd. II, S. 19.

und Schwann's viel mehr als die Pflanzenphysiologen, insofern sie die Kerne als procreirende Gruppen von Molekülen betrachten; obschon die Kerne im thierischen Organismus nicht immer Zellen, sondern oft auch andere Formen erzeugen. So viel Mühe es kostet, in manchen Pflanzenzellen die Kerne zu finden, so leicht ist dies bei animalischen Geweben, die in ihrer Entstehung begriffen sind. Selbst diejenigen animalischen Elementargebilde, welche schon lange die Zellenform verloren haben, lassen sehr häufig noch die Ueberbleibsel der Kerne erkennen.

Es giebt Botaniker, welche des Zellenkerns als ersten und wesentlichen Körpers gar nicht erwähnen, oder ihm wenigstens keine Bedeutung beilegen. Mirbel z. B. giebt an, daß in einer mucilaginösen Substanz, welche körnig und gallertartig wird und die er Cambium nennt (dies ist Schleiden's Cytoblastema), Flocken unterschieden werden, welche bei genauer Betrachtung hohl zu sein scheinen (von ihm zellenartiges Cambium genannt). Diese Höhlungen werden größer und stellen die Zellen dar. Das Cambium erscheint überall, in und außerhalb der Zellen; es wird aus den am meisten verarbeiteten Pflanzensäften gebildet und in holzartigen Gewächsen inwendig durch den Bast ausgeschwitzt.

Diese Erklärung Mirbel's von der Entstehung der Zellen kann kaum eine Erklärung genannt werden. Der Ausdruck: meist verarbeitete Pflanzensäfte, welcher gar Nichts sagt, bringt uns hier um keinen Schritt weiter. Mirbel erwähnt nichts von dem Kern, als zellebildendem Organ, und verwirft also Schleiden's und Schwann's Ansichten über die Zellenbildung stillschweigend. Jüssieu und Andere rechnen den Kern schlechthin zu dem Inhalte der Zelle und legen ihm daher als schöpfendem Organ auch keinen Werth bei. Ich habe über diesen Gegenstand viel zu wenig Erfahrung, um darüber ein einigermaßen bestimmtes selbstständiges Urtheil fällen zu können.

Was das Cambium betrifft, so hat man in den verschiedenen Perioden der Wissenschaft der letzten Jahre damit verschiedene Dinge bezeichnet. In den krautartigen Gewächsen ist es der Nahrungsstoff für sehr viele Pflanzenorgane und verdient besondere Beachtung. In anderen Gewächsen besitzt es andere Qualitäten und ist für jedes Pflanzengeschlecht, für jede Gattung verschieden. Deshalb finden sich darin nicht nur die allgemeinen, sondern auch die besonderen Bestandtheile der Pflanzen.

Gewöhnlich ist das Cambium halb durchscheinend, von kleinen Kügelchen erfüllt. Mirbel und Payen nennen es matière globulo-cellulaire *).

In jungen und in allen krautartigen Pflanzen ist es sehr stickstoffhaltig von aufgelös'tem Eiweiß, Legumin (?) u. s. w. Der Grundstoff der Cellulose kommt als Dextrin darin vor, außerdem Amylum, Gummi, Zucker, Mannit, vielleicht auch die Stoffe, welche sich schichtenweis gegen die Zellenwand ablagern, die Extractivstoffe, Salze, Säuren u. s. w.

Das Wort Cambium bezeichnet also für die Pflanzen offenbar dasselbe, was wir unter Cytoblastema für das ganze organische Reich verstehen: eine Substanz, welche die Stoffe enthält, woraus sich Zellen bilden können.

Bei den Pflanzen enthält es daher als Hauptbestandtheil Cellulose in unauflöslicher Form, d. i. Dextrin, im thierischen Organismus Proteindeut- und -tritoxyd, welche daselbst vielfach zur Zellenbildung verwandt werden.

Auch Mohl weicht in einigen Punkten von Schleiden's Ansichten über den Zellenkern ab **).

Nach Schleiden wächst die Zellenmembran aus dem Kerne, und es bleibt der Kern ein Theil der gebildeten Zel-

*) Comptes rendus, 16 Janv., 1843, p. 98.

**) Bot. Zeitung, 19. April 1844. In der Bot. Zeitung vom 12. April 1844 findet sich ein kurzer Bericht über eine Dissertation von H. Karsten, de cella vitali, worin Schleiden's Theorie ebenfalls verworfen wird. Ich habe dieselbe bis jetzt nicht bekommen können.

lenwand; Mohl ist dagegen der Ansicht, daß der Kern von der Zellenwand wie von einer Blase eingeschlossen wird und selbst bei dem Entstehen der Zelle immer in einem gewissen Abstande von der Wand entfernt bleibt und nicht in der Zellenwand liegt. In diesem Falle hat der Kern also keine unmittelbare Gemeinschaft mit dem Zellenhäutchen.

Ferner hält Schleiden für die erste Zellenhaut diejenige, welche später die äußerste Haut ausmacht, während es umgekehrt nach Mohl diejenige ist, welche er Primordialschlauch nennt und welche später ganz verschwindet (siehe unten Zellenwand). In diesem Primordialschlauch sieht Mohl den Kern; der Kern liegt entweder an der innern Wand und scheidet sich später davon ab, oder er ist durch Fädchen, welche von ihm auslaufen, während eine schleimige Hülle ihn umgiebt, mit dem Primordialschlauch so verbunden, daß er sich mitten in der Zelle befindet, gleich einer Spinne in ihrem Gewebe. In anderen Fällen ist der ganze Raum zwischen dem mitten in der Zelle gelegenen Kern und der Zelle selbst mit blasenförmigen Theilen angefüllt, deren Wände aus derselben so eben erwähnten schleimigen Substanz bestehen, woraus auch jene Fäden gebildet sind *).

Mohl's Ansicht zufolge geht also die Bildung des Kerns nicht von dem Kernkörperchen und die des Zellenhäutchens nicht von dem Kerne aus.

Dieselben Beobachtungen finden wir auch bei Valentin **), namentlich die, daß bei manchen animalischen Geweben der Kern nicht unmittelbar mit der Zellenwand zusammenhängt, daß aber sternförmige Fäden von ihm ausgehen, vermittelst welcher er mit der Zellenwand oder mit anderen angränzenden Theilen communicirt.

Die Funktion der Kerne in Bezug auf die Zellenbildung liegt daher noch ziemlich im Dunkeln.

---

*) Siehe unten Zellenwand.

**) Wagner's physiol. Wörterbuch, S. 625.

Bergmann *) hat ferner bei den Eiern der Frösche und Salamander beobachtet, daß der Dotter im Beginn der Entwickelungsperiode aus gleich großen Körnchen besteht, welche sich anfangs zu mehreren größeren Gruppen vereinigen, nachher sich mehr vertheilen und kleinere durch eine zähe Materie unter einander verbundene Gruppen bilden und endlich von einem Bläschen eingehüllt werden, welches die Zellenwand ist.

Bei jener Zellenbildung sind viele Kernkörperchen vorhanden; sie sind die Theilchen, woraus der Zelleninhalt gebildet wird, während die Zellenwand wahrscheinlich aus dem zähen Bindemittel entsteht, welches die kleinen Körner vereinigt. Bei einer solchen Vorstellung von der Zellenbildung in den genannten Eiern, welche ganz von derjenigen Ansicht, die **Schwann** von dem vegetabilischen und animalischen Gewebe geltend gemacht hat, abweicht, kann das Kernkörperchen nicht mehr als der Theil betrachtet werden, wodurch Alles, Kern, Zelleninhalt und Zellenwand, gebildet wird; eine Zelle ist vielmehr ein organisches Agglomerat einer Menge kleiner körniger Theilchen, deren Größe 0,001 bis 0,002 von einer Linie beträgt, und aus deren Vereinigung auf die obige Weise eine Primitivzelle entsteht **).

Die Existenz dieser kleinen Körnchen, woraus sich Zellen bilden, liegt, welcher Ansicht man auch über die Zellenbildung selbst sei, außer allem Zweifel, mag man annehmen, daß in jeder Zelle sich ein oder mehrere Mutterkernkörnchen befinden, daß das Bläschen sich aus dem Kern oder aus einem Agglomerat von Körnchen entwickele und dieselben umschließe. Man findet die Körnchen überall, wo neue Zellen gebildet werden sollen. Sie sind daher für jetzt als die kleinsten bekannten organisirten Theilchen und als die Grundformen aller organisirten Gebilde anzusehen, insofern sie zur Zellenbildung noth-

*) Müller's Archiv, 1841, S. 92.

**) Henle a. a. O. S. 162.

wendig scheinen und dieselben entweder produciren helfen oder wirklich hervorbringen.

Die Körnchen, welche Elementarkörnchen genannt werden, haben eine verschiedene Gestalt. Man kennt sie zwar ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften nach noch zu wenig, um sie zu classificiren oder gar, um ihre Form aus ihrer Zusammensetzung abzuleiten; aber man hat wenigstens einige wesentliche Verschiedenheiten ihrer Formen beobachtet, z. B. erscheinen sie im Schleim und Eiter, wo sie an einander haften, nach der Trennung platt und im Dotter oval, keilförmig und cubisch *).

Jene Formen, wenn sie wirklich bestehen, repräsentiren ohne Zweifel eben so viele chemische Verbindungen (S. 75), welche sich vielleicht durch ihre procentische Zusammensetzung unterscheiden, bei denen wenigstens die Gruppirung der Elemente — bestände der Dotter auch ganz aus Proteinverbindungen — sicher nicht dieselbe ist. Die Ursache der so großen Mannigfaltigkeit der Produkte kann daher nur in der chemischen Beschaffenheit der Bestandtheile gesucht werden. Die abweichenden Formen, welche die Elementarkörnchen annehmen, lassen sich wenigstens eben so gut wie die Krystallformen chemischer Verbindungen als von der Gruppirung der Moleküle abhängig denken; die ovale, platte oder jede andere Form der Elementarkörnchen steht in derselben Beziehung zur Zusammensetzung und Constitution ihrer chemischen Bestandtheile, wie die Krystallform des schwefelsauren Natrons mit der Formel RO, SO_3 zusammenhängt.

Lesen wir nun bei dem so geübten und gewissenhaften Beobachter Henle (S. 163), daß die Elementartheile aus einem mit Fett angefüllten Bläschen bestehen, und daß das Bläschen wahrscheinlich eine Proteinverbindung sei, so lehrt uns dies — selbst mit Einschluß aller von Ascherson (Henle

*) Ich stütze mich bei Anführung dieser Beobachtung auf fremde Autoritäten. Sie verdient jedenfalls wiederholt zu werden.

S. 164) aus der Veränderung des Eiweißes durch Oel entnommenen Schlüsse, — wie weit wir noch entfernt sind, eine gründliche Kenntniß von den Elementarformen der organischen Theile zu besitzen. Wir sind nicht im Geringsten in Zweifel, daß unter den Elementarkörnchen die größten Verschiedenheiten stattfinden, Unterschiede, welche unserm Auge zwar nicht so sichtbar sind, als die unendliche Mannigfaltigkeit ihrer Produkte, der Zellen und Gewebe, welche aber demungeachtet existiren, da sie letztere bedingen. Wären aber die Pflanzenzellen und die Blutkörperchen, die Amylumkörnchen und die Pigmentkörnchen im Auge ursprünglich aus einer Proteinverbindung bestehende mit Fett gefüllte Bläschen, so würde jede Forschung über den chemischen Ursprung der Gewebe für immer unmöglich und alle Erklärungen unzulässig sein.

Daß die Elementarkörnchen eine Proteinverbindung enthalten, mag nun die Hülle daraus bestehen, oder mag sie im aufgelös'ten Zustande den Inhalt des Bläschens ausmachen, ist kaum zu bezweifeln, weil in den allerjüngsten Gebilden des Thier- und Pflanzenreichs Protein niemals fehlt, und weil überhaupt ohne Mitwirkung des chemisch so leicht veränderlichen Proteins keine Organisation möglich zu sein scheint. Letzteres gilt nicht bloß vom thierischen Körper, sondern auch im Pflanzenreich; wo so viele andere stickstofffreie Stoffe, Cellulose, die inkrustirende Substanz, Dextrin, Amylum, Zucker, Pektinsäure u. s. w. überwiegen, ist der Erfahrung gemäß jede Entwickelung an das Vorhandensein von Protein gebunden. Die einfachsten Schimmelpflanzen, welche aus stickstofffreien Körpern, wie Milchsäure oder Weinsteinsäure unter dem Einfluß der atmosphärischen Luft (also des Stickstoffs) und des Wassers entstehen, enthalten vom ersten Augenblick ihrer Existenz an Protein.

Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß das Protein schon vor der Zellenbildung in den Elementarkörnchen präexistirt, wenigstens ist es für die Zellenbildung durchaus nothwendig

und bildet gewissermaßen dasjenige Element, wovon der erste Impuls zu organischem Leben ausgeht.

Aber glauben wir nicht, hiermit schon zu einer tiefern Einsicht in das Pflanzenzellenleben gelangt zu sein. So lange wir von der chemischen Natur der Elementarkörnchen keine exakte Kenntniß besitzen, bleibt die chemische Physiologie noch durchaus unvollständig und mangelhaft. Die Elementarkörnchen sind die primären, die Fundamental-Organe; sie mit Hülfe des Mikroskops und chemischer Reagentien zu prüfen, ihre Formen zu untersuchen und deren Relation zu den Eigenschaften derselben zu studiren und die Eigenschaften mit denen zu vergleichen, welche bekannte chemische Verbindungen besitzen, — dies sind die ersten und nothwendigsten Erfordernisse, um zu erfahren, wie die Stoffe in der organischen Natur zusammenkommen und wie sie verändert werden.

Aber unsere Unwissenheit erstreckt sich nicht allein auf die Zusammensetzung der Elementarkörnchen, auch die Art und Weise ihres Entstehens ist uns ein Räthsel. Sie sind wahrscheinlich die ersten organisirten Körper in den Pflanzen, zunächst und unmittelbar aus den sogenannten unorganischen Stoffen hervorgegangen; sie besitzen die Fähigkeit, Kerne, Zellen, Zellenreihen und Gewebe zu bilden; man denke sie sich daher als die Quelle der organischen Lebensthätigkeit, die in den chemischen Stoffen liegt, welche die Elementarkörnchen zusammensetzen. Wenn die Kerne wirklich Zellen hervorbringen, und selbst mit einer Flüssigkeit gefüllte Bläschen sind, so lassen sich nicht bloß die Zellen oder andere Formen, sondern auch die Elementarkörnchen selbst als Elementarorgane, und die Kerne als Organe oder, wenn man will, als Individuen betrachten, deren Wirkungen als organisches Ganze, wie klein es auch ist, schon complicirt sind, und welche Kräfte besitzen, die, wenn wir sie zerlegen, zunächst von den Kernkörperchen, weiterhin von den Elementarkörnchen und endlich von den vier Grundstoffen ausgehen, welche die kleine Gruppe

von Körpern bilden, die zusammen ein mit Feuchtigkeit gefülltes Bläschen, ein Zellenkernchen, ausmachen.

Kehren wir zurück zur Entstehungsweise der Kernkörnchen oder Elementarkörnchen, so halte ich die Ansicht von Ascherson, welcher sich auf die Beobachtung stützt, daß Eiweiß mit Oel in Berührung ein Häutchen, ein Zellchen bildet, welches mit einem Oeltropfen gefüllt ist, für falsch, da sie auf gleiche Weise die Entstehung von Milch- und Eiterkügelchen, ja selbst aller Elementarkörnchen erklärt. Der Käsestoff, das Eiweiß und aufgelös'ter Faserstoff mögen immerhin die Eigenschaft besitzen, das Fett zu vertheilen und einen Tropfen Oel mit einem Häutchen zu umgeben, wodurch es verhindert wird zusammenzufließen; arabisches Gummi hat diese Fähigkeit auch, und besäße sie auch kein anderer Körper, eine passive Schicht einer festen Substanz um eine Flüssigkeit hat Nichts mit einem aktiven Häutchen gemein, dem Träger der Lebenskraft in der organischen Natur. Solche Theorien fördern die Wissenschaft um Nichts mehr, als die Vergleichung mit der Schaumbildung im Seifenwasser.

Eben so wenig Gehalt hat die von Raspail aufgestellte Hypothese, daß Fett, welches den Inhalt der Elementarkörnchen ausmachen soll, durch Aufnahme von Stickstoff in eine Proteinverbindung übergehe. Wir müssen geradezu unsere Unwissenheit bekennen, wo es auf die Beantwortung solcher Fragen ankommt, und damit wird für jetzt noch der Wissenschaft am meisten genützt.

Endlich muß ich noch bemerken, daß ich Vergleichungen zwischen Krystallbildung und der Entstehung von Elementarkörnchen, wie sie von Schwann angestellt sind, für durchaus unfruchtbar halte; denn es scheint mir grade das Gegentheil von dem daraus zu folgen, was sie beweisen sollen. Sie lehren nämlich, daß Verschiedenes aus Identischem hervorgeht.

Es liegt in dem eigenthümlichen Wesen der organischen

Elemente, des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Stickstoffs und Sauerstoffs, ein Grund zu einer Verschiedenheit, welche nicht nur in ihren letzten Folgen sichtbar ist, sondern schon in den ersten und einfachsten Erscheinungen, welche wir an den Verbindungen jener Stoffe beobachten. Zu den allereinfachsten Erscheinungen gehört die Form, welche sie annehmen, sobald sie sich zu den kleinsten noch wahrnehmbaren Theilchen gruppiren. Die Form ist eine runde oder rundliche, ein Bläschen mit Flüssigkeit gefüllt.

Die Zelle als ein Organ oder selbst als ein Individuum zu betrachten, ist dem Wesen derselben ganz angemessen. Sie besitzt die Fähigkeit, ihr selbst gleiche Gebilde hervorzubringen, und erzeugt in der That, wenn auch nicht immer, junge Zellen. Es giebt nämlich Zellen, welche — wenigstens nach der allgemeinen Annahme, die ich indessen durch eigne Beobachtungen nicht habe bestätigen können — aus einer Mutterzelle gebildet werden, es giebt andere, welche außerhalb derselben, und endlich solche, welche unabhängig von der Mutterzelle entstehen. Die erste Art der Zellenbildung nennt man endogene, die zweite exogene, eine dritte heißt Theilung, eine vierte: selbstständige Zellenbildung. — Auf welche Art die Vermehrung der Zellen stattfinden mag, es muß immer ein Stoff vorhanden sein, welcher die Bestandtheile der neuen Zelle liefert; eine Flüssigkeit, welche die Substanz der neuen Zelle aufgelös't enthält, woraus sie in eine feste und zwar in eine organisirte Form übergeht. Man unterscheide hier also zwei Momente: Entstehung der zur Zellenbildung dienenden organischen Substanz und das Festwerden derselben zu Zellen. Ueber den letzten Punkt reden wir jetzt, indem wir voraussetzen, daß eine Flüssigkeit vorhanden sei, woraus jene Stoffe ausgeschieden werden.

Die endogene Zellenbildung in bereits vorhandenen Zellen wird durch die in dem Bläschen eingeschlossene Substanz vermittelt; sie geschieht im Innern des Bläschens selbst

und ist bei den Phanerogamen und bei manchen thierischen Organen beobachtet. Was die Entstehung der Zellen auf endogene Weise betrifft, so stellt man sich vor, daß sich aus dem Inhalte (Cytoblastema) einer ausgebildeten Zelle auf die (S. 370) angegebene Weise Kernkörperchen und Kerne bilden, welche sich zu Zellen vergrößern. Gehen nun mehrere Zellen aus dem Inhalte der Mutterzelle hervor, so wird dadurch die Mutterzellenmembran ausgedehnt und verdünnt, oder resorbirt, und wird zuletzt verschwinden. In den jungen Zellen entwickelt sich auf dieselbe Weise eine Reihe neuer Zellen der dritten Generation, welche die älteren wieder verdrängen u. s. f.

Es ist einleuchtend, daß wenn die Mutterzelle nur ein einziges Individuum erzeugte, eine Vermehrung dadurch nicht erreicht würde. Diese kann vielmehr nur dann stattfinden, wenn sie mehrere Zellen producirt. Entstehen z. B. aus dem Inhalte einer Zelle vier neue Zellen, welche die erstere verdrängen und ihre Wand verdünnen (welche später aufgelös't werden soll), so ist die Zahl um drei vermehrt. Entwickeln sich aus jeder dieser Zellen vier neue Individuen, so hat man sechszehn Zellen der dritten, vierundsechszig der vierten Generation u. s. f. Immer sind es die Kerne der jungen Zellen, welche neue erzeugen, während die alten verschwinden. Die Entdeckung dieser Thatsache verdanken wir Schleiden.

Noch Manches bleibt indessen unerklärt, wenn wir die Zellenbildung aus einem chemischen Gesichtspunkte betrachten, und noch manche Beobachtungen bedürfen der Bestätigung. Vor Allem drängen sich uns folgende Fragen auf: Sind die Kernkörperchen wirklich die ersten organisirten Gebilde, sind sie die Schöpfer der Kerne, und diese die Schöpfer der Zellen? Ferner; Welcher Ursache verdanken die Kernkörperchen ihre Entstehung? Wie bilden sie sich aus dem Cytoblastema (bei endogener Bildung aus dem Zelleninhalt)? unter Mit-

wirkung des Kerns der Mutterzelle, oder davon unabhängig? Hat der Inhalt der Mutterzelle an und für sich das Vermögen, sich zu Kernkörperchen zu gruppiren, welche als zeugungsfähige Organe Kerne und später die Zellenmembran hervorbringen?

Diese und andere Fragen lassen sich für jetzt nicht beantworten, auch dann nicht, wenn wir die erogene Zellenbildung in Betracht ziehen, wo sich außerhalb der Zellenmembran aus aufgelös'ten organischen Stoffen Kernkörperchen, Kerne und Zellen bilden.

Wie man sich auch die Zellenbildung vorstellen mag, es kann in keinem Falle in Abrede gestellt werden, 1) daß es auflösliche organische Materien giebt, welche unter günstigen Verhältnissen die Eigenschaft erlangen, Kernkörperchen, Kerne und Zellen zu bilden, gleichwie die unorganischen Körper unter geeigneten Umständen krystallisiren. 2) Die kleinen Organe pflanzen sich unter Erzeugung gleichnamiger Individuen eben so fort wie ein jedes andere Geschlecht nach dem in der organischen Natur allgemeinen Gesetz: Gleiches bringt unter gleichen Umständen Gleichartiges hervor. 3) Die Fortpflanzung der Zellen auf endogene Weise ist das Resultat der Verarbeitung organischer Verbindungen zur Herstellung derselben Formen, woraus die Mutterzelle besteht. Erst muß die Materie derjenigen gleich sein, welche bereits geformt ist, ehe sie dieselbe Form annehmen kann. 4) Die Mutterzelle hat daher nur die eine Funktion, nämlich die Substanz zu bereiten, woraus sie selbst besteht. Ist letztere vorhanden, so ist ihre Organisirung eine eben so einfache Folge, wie die Krystallisation des salpetersauren Baryts nach dem Vermischen von Salpetersäure und Barytwasser unfehlbar erfolgt. 5) Die Mutterzelle ist also weit entfernt, der jungen Zelle Form zu verleihen, eben so wenig als die Mutter ihr Kind gestaltet. Alles, was gebärt, sondert nur die Substanz ab, welche die Fähigkeit besitzt, unter geeigneten

Umständen die Form des schöpfenden Individuums zu erlangen. Dies gilt in gleichem Maaße von der Fortpflanzung der höheren Thierklassen wie von der Zellenvermehrung.

Die exogene Zellenbildung findet auf ähnliche Weise Statt, wie die endogene Bildung, mit dem Unterschiede, daß die Tochterzellen außerhalb der Mutterzellen entstehen, und daß die Flüssigkeit, welche die zur Bildung der jungen Zellen erforderlichen Stoffe enthält (Cytoblastema), nicht in der Mutterzelle, sondern außerhalb derselben liegt. Daraus erwächst indessen für die Erklärung jener Bildung keine Schwierigkeit; denn das Cytoblastema, welches hier die Zelle umgiebt, befindet sich daselbst unter eben so großem Einfluß der Zellenmembran, als die in der Zelle enthaltene Flüssigkeit; mit anderen Worten: die Mutterzellenmembran disponirt die benachbarten organischen Stoffe, sich zu solchen Verbindungen umzusetzen, woraus sie selbst besteht und woraus sich später Kernkörperchen und neue Zellen bilden, gleichviel, ob sie jene Stoffe umschließt, oder ob dieselben mit ihrer äußern Oberfläche in Berührung kommen.

Endogene wie exogene Zellenbildung beruht demnach auf der Herstellung gewisser Verbindungen nach chemischen Gesetzen, Verbindungen, welche, einmal erzeugt, zu Zellen werden. Die Thätigkeit der Mutterzelle beschränkt sich allein auf die Produktion jener Substanz, sie bringt selbst keine Zellen hervor und verdient daher ihren Namen nur in einem beschränkten Sinne.

Die Resorbtion der Mutterzellenmembran ist für exogene Zellenbildung keine nothwendige Bedingung; die alte Zelle kann vielmehr ihre Gestalt unverändert beibehalten.

Aus der verschiedenen Stellung der älteren und neuen Zellenreihen geht hervor, daß exogene Zellenbildung anders zusammengesetzte Zellenreihen hervorbringt, als die endogene, und darum ist sie für die Organogenie von Bedeutung.

Man hat sie bei den Cryptogamen, z. B. bei den Schimmelpflanzen, beobachtet.

Es ist übrigens nicht bewiesen, daß, wie man allgemein annimmt, die Mutterzellenwand bei endogener Zellenbildung resorbirt wird; man hat nur gefunden, daß sie verschwindet, daß sie unsichtbar wird. Man kann sich vorstellen, daß sie ausgedehnt und geborsten sich als dünnes Häutchen um die jungen Zellen legt und damit verwächst. Findet aber Resorption Statt, so gelangt dadurch Cellulose in auflöslichem Zustande in die Pflanze und kann wieder zur Produktion neuer Zellen verwandt werden. Die Beantwortung der Frage, was aus der Mutterzellenmembran geworden ist, nachdem sich die jungen Zellen ausgebildet haben, ob sie aufgelös't wird oder nicht, wäre von um so größerer Wichtigkeit, da sie zugleich eine wesentliche physiologische Verschiedenheit zwischen exogener und endogener Zellenvermehrung erläutert.

Aus der Auflösung thierischer Zellen würde sich die Entstehung mancher Sekrete, der Galle, des Harns u. s. w. erklären lassen. Aber ob dies in vollkommen entwickelten Individuen so geschieht, muß genauer untersucht werden (siehe Absonderungen).

Eine dritte Art der Zellenvermehrung geschieht durch Theilung. In der Zelle bildet sich eine Scheidewand, welche sie halbirt; rechtwinklig darauf stellt sich eine andere, wodurch sie in vier gleiche Theile getheilt wird. Rund um einen Mittelpunkt wiederholt sich die Theilung, bis das Ganze in kleine Gruppen zerlegt ist, worin allmählig körnige Theilchen, Kernkörperchen, Kerne und endlich Zellen sichtbar werden.

Nach Bergmann findet eine solche Theilung in dem Eidotter Statt (S. 375). An der Oberfläche des Dotters entsteht eine Furche, welche nach Innen fortschreitet und den Dotter in zwei gleiche Hälften theilt. Rechtwinklig auf diese Scheidewand stellt sich eine andere, wodurch das Ganze in vier Theile zerfällt. Später bilden sich diagonale Furchen

und so entstehen immer kleinere Segmente, welche sämmtlich durch convergirende Flächen getrennt sind, bis der Dotter aus einem Agglomerat kleiner Gruppen oder von Molekülen besteht, welche sich endlich zu selbstständigen Zellen ausbilden. Die Scheidewände verschwinden später, und an ihre Stelle treten die Zellenmembranen.

Wir müssen unsere bisherigen Ansichten über die Zellenvermehrung, welche wir den Beobachtungen Schleiden's und Schwann's verdanken, für die Fälle, wo Theilung stattfindet, modificiren. Selbstständige Zellen sind hier das Resultat einer von den constituirenden Molekülen ganz unabhängigen Theilung; die organischen Moleküle bleiben so lange passiv, bis die Theilung vor sich gegangen ist, und erst dann, wenn sie zu einer selbstständigen Gruppe vereinigt sind, fangen sie an, die ihnen eigne Lebensthätigkeit zu äußern. Bei der Zellenbildung durch Theilung würde die Thätigkeit in der großen Zelle von bestimmten Stellen der Membran ausgehen; es würden also in der Zellenwand die Moleküle liegen, welche den ersten Impuls zu organischem Leben geben.

Obige Thatsachen sind mit den Beobachtungen Schleiden's und Schwann's über die endogene Zellenbildung schwer in Uebereinstimmung zu bringen und umhüllen die Lehre von der Fortpflanzung der Zellen mit einem noch viel dichteren Schleier wie zuvor. Zwar haben die neueren Untersuchungen von Bischoff*) und namentlich von Kölliker**) ein neues Licht hierüber verbreitet, da sie die bei den Eiern beobachtete Zellenvermehrung durch Theilung ganz auf die endogene Bildung zurückführen, aber es ist noch eine andere Art der Zellenvermehrung durch Theilung im Pflanzenreich beobachtet, wo die Mutterzelle durch eine Scheidewand, die sich rechtwinklig auf die Zellenwand stellt, in zwei neue Zel-

*) Entwickelungsgeschichte des Kaninchen-Eies, 1842.

**) Entwickelungsgeschichte der Cephalopoden, 1844.

len zerfällt, welche später wieder auf die nämliche Weise halbirt werden u. s. w. Diese höchst einfache und von der Zellenbildung, wie wir sie bisher kennen gelernt haben, sehr abweichende Art der Fortpflanzung ist von dem Einfluß der Kernkörperchen oder Kerne unabhängig.

Man sieht solche Scheidewände am Deutlichsten bei Phytolacca decandra in den Mark- und Parenchymzellen. Ueber die Ursache ihrer Entstehung wissen wir Nichts; wir müssen uns vorläufig mit der bloßen Thatsache begnügen. Mag nun diese Art der Zellenvermehrung sehr verbreitet sein oder nur selten vorkommen, so verliert die von Schleiden und Schwann gegebene Erklärung der Zellenbildung ihre allgemeine Gültigkeit (siehe auch unten utriculus internus) *), obgleich sie sich darum doch immer wenigstens auf die ersten Zellen solcher Pflanzen anwenden läßt.

Es giebt noch eine vierte Art der Zellenbildung und Fortpflanzung, welche wir spontane nennen. Sie kommt bei der Generatio aequivoca in allen denjenigen Fällen vor, wo aus unorganisirten organischen Stoffen Individuen entstehen; bei vielen krankhaften Produktionen, Exsudaten, z. B. bei Wunden, welche durch plastische Lymphe heilen, bei Beinbrüchen, wo ein Exsudat die Quelle vieler neuen Zellenreihen wird, bei Pseudomembranen, bei manchen Sekreten, z. B. bei demjenigen, welches die spanische Fliege auf der Haut hervorbringt u. s. w. Die organische Flüssigkeit, Cytoblastema, kann Zellenform annehmen; dabei werden in der anfangs homogenen und beinahe flüssigen Masse kleine körnige Theilchen, Kernkörperchen und Kerne sichtbar, welche auf dieselbe Weise Zellen produciren, wie es bei endogener und exogener Zellenbildung geschieht.

Jene Art der Zellenbildung ist sehr häufig und findet sich überall da, wo organische nicht organisirte Stoffe Zellen-

---

*) Man vergleiche Harting in der Zeitschrift für Naturgeschichte, 1844.

form annehmen, z. B. bei der Entstehung der Schimmelpflanzen oder Infusorien aus organischen Infusen u. s. w.

Mir scheint die einfachste Vorstellung der ersten, zweiten und vierten Art der Zellenbildung folgende zu sein. Endogene und exogene Zellenbildung lassen sich auf eine und dieselbe Ursache zurückführen. Sie sind — was wenigstens die Gewebelehre der Thiere außer Zweifel zu stellen scheint — Folge der Entstehung organischer Moleküle, welche Kernkörperchen bilden, woraus sich Kerne und später Zellen oder andere Formen entwickeln: eine wahre Monogamie; Gleiches bringt Gleichartiges hervor; aus bestimmten Zellen werden analoge Individuen erzeugt. Diejenigen Stoffe, welche die Zelle umgeben, oder von ihr eingeschlossen werden, erleiden durch den Einfluß der Zellenmembran eine Veränderung; und das erste Produkt dieser Einwirkung sind die Kernkörperchen, durch deren selbstständige Entwickelung Kerne, Zellen und andere abgeleitete Formen entstehen.

Weiteren Aufschluß giebt uns die Wissenschaft nicht, sie kann nicht mehr geben, weil die Beobachtungen nicht ausreichen. Wir können die Entstehung der ersten Kernkörperchen eben so wenig erklären als die Bildung der ersten Krystalltheilchen (S. 73). Wir wissen bloß, daß die Kernkörperchen thätige zeugungsfähige Moleküle sind, Moleküle, welche in der unorganischen Natur nicht bestehen.

Die spontane Zellenbildung lehrt, daß der erste Impuls zur Bildung von Kernkörperchen nicht immer von schon vorhandenen Zellen auszugehen braucht, daß vielmehr die organischen Moleküle unter günstigen Verhältnissen Zellenform annehmen können, ohne von einer schon vorhandenen Zelle dazu disponirt zu sein. Ueberhaupt wird auch bei endogener und exogener Zellenbildung die Zelle nicht grabezu von der Mutterzelle erzeugt; letztere bestimmt vielmehr nur die Richtung der in dem Cytoblastema schon vorhandenen Bewegung oder weckt in den benachbarten Stoffen die schlummern-

den Kräfte. Manche organische Moleküle zeigen demnach unter gewissen Verhältnissen ein großes Bestreben, hohle Kügelchen zu bilden, gleichwie die unorganischen Verbindungen andere symmetrische Formen anzunehmen geneigt sind. In dem Pflanzenreich scheint es ausschließlich die Cellulose: $C_{24} H_{42} O_{21}$ zu sein, welche die Zellen zusammensetzt und woraus sich die meisten Formen entwickeln; in dem thierischen Organismus übernimmt diese Rolle in der Regel das Proteindeutoxyd: $C_{40} H_{62} N_{10} O_{14}$. Beide Verbindungen können, wenn die Zelle einmal gebildet ist, durch andere Stoffe ganz oder theilweise vertreten werden, ein Umstand, der zur größten Mannigfaltigkeit der verschiedenen Gewebe Veranlassung giebt.

Was endlich die Zellenvermehrung durch Theilung betrifft, so läßt sich davon bis jetzt noch keine befriedigende Erklärung geben.

Elementarformen unorganisirter Stoffe.

Von den unorganisirten Stoffen können hinsichtlich der Gestalt, welche die kleinsten Theilchen annehmen, nur die festen Verbindungen in Betrachtung kommen; denn die kleinsten Theile der Gase und Flüssigkeiten entziehen sich ganz der Wahrnehmung. Auch sind alle organisirten Theilchen fest, oder in einem an den festen nahe angrenzenden Zustande, so daß eine Vergleichung der Formen der organisirten und unorganischen Stoffe, wenn sie überhaupt nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse möglich ist, sich immer nur auf die festen Körper beschränkt.

Die Formen der unorganisirten festen Körper sind von Harting mit großer Sorgfalt untersucht *). Er ließ die Auflösungen reiner chemischer Verbindungen, deren Reaktion bekannt war, sich unter dem Mikroskop vermischen und beobachtete auf diese Weise die Niederschläge in ihrem Entstehen und die successiven Veränderungen ihrer Gestalt. Die Re-

*) Bulletin, 1840, p. 287.

sultate jener Untersuchung sind mir durch die gütige Mittheilung Harting's vor einigen Jahren bekannt geworden.

Er hat mit Hülfe eines stark vergrößernden Mikroskops vier Hauptformen unterschieden, nämlich die krystallinische, molekuläre, die durchscheinend häutige und gelatinöse Form.

Außer diesen kommen noch andere abgeleitete Formen vor, welche theils durch Verbindung der primären unter einander, theils bei starker Concentration der zur Reaktion angewandten Auflösungen durch Aufeinanderhäufung der Theilchen entstehen. Nach Harting können demnach die vier genannten Hauptformen als die Elementarformen der mikroskopischen unorganischen festen Theilchen angesehen werden.

Die krystallinische Form ist nicht sehr häufig. Jod präcipitirt sich krystallinisch, wenn man seine Tinktur mit Wasser vermischt; schwefelsaurer Kalk aus der Auflösung von Chlorcalcium und schwefelsaurem Natron; phosphorsaures Bleioxyd aus Auflösungen von salpetersaurem Bleioxyd und Phosphorsäure u. s. w. Verbindungen, welche überhaupt nicht krystallisiren, nehmen auch bei langsamer Fällung verdünnter Auflösungen keine Krystallform an, woraus hervorgeht, daß die mikroskopischen krystallinischen Körper aus Molekülen bestehen, welche schon bei ihrer ersten Gruppirung Krystallform besitzen. Dahin gehören demnach alle mikroskopischen Theilchen jeder Art von regelmäßigen Krystallen.

Die molekuläre Form hat Harting bei derselben Vergrößerung beobachtet, mit welcher er die krystallinischen Niederschläge unterschied, welche, wenn die Krystalle einen kleinern Durchmesser als $1/_{500}$ Millimeter hatten, nicht mehr deutlich zu erkennen waren. Man kann daraus auf die Größe der Theilchen schließen, welche nach Harting die molekulären Niederschläge bilden, und darf annehmen, daß die Kleinheit derselben die Entscheidung, ob sie krystallinisch sind oder nicht, unmöglich macht. Wir müssen es daher dahin gestellt sein lassen, ob die molekuläre Form von der krystallinischen

wirklich verschieden ist. Molekuläre Niederschläge erhält man aus Auflösungen von Chlorgold und Eisenvitriol (Gold), von kieselsaurem Kali und Salzsäure (Kieselsäure), von Sublimat und Aetzkali (Quecksilberoxyd), von schwefelsaurem Manganoxydul und Ammoniumsulfhydrat (Schwefelmangan) u. s. w. Sie bestehen aus kleinen rundlichen Theilchen, deren Form sich nicht mehr erkennen läßt, und deren Durchmesser selten mehr als $1/_{1000}$ Millimeter beträgt. Sie besitzen eine große Neigung, sich zu Flocken zu vereinigen oder Lamellen zu bilden. Von allen untersuchten Verbindungen fand Harting nur das Bleialbuminat selbst nach einigen Tagen noch aus isolirten Partikelchen bestehend, deren Größe zwischen $1/_{800}$ und $1/_{3000}$ Millimeter variirte. Präcipitirter Schwefel, dessen Größe Harting auf $1/_{1500}$ Millimeter schätzt, zeigt nach seiner Berechnung einen solchen Grad von Vertheilung, daß ein einziges Milligramm 1687 Millionen solcher Schwefeltheilchen enthält.

Die molekulären Niederschläge, namentlich der Schwefel und das Bleialbuminat, zeigen die von Brown beobachteten Bewegungen sehr deutlich, Bewegungen, welche theils durch chemische, theils durch physikalische Kräfte veranlaßt sein können, und welche für verschiedene mikroskopische Körper verschiedenen Ursprung haben müssen.

Die durchscheinend häutige Form ist eine der schönsten und merkwürdigsten, welche ein Körper annimmt, wenn er aus Auflösungen ausgeschieden wird. Solche Niederschläge geben schwefelsaures Eisenoxydul und Aetzkali (Eisenoxydulhydrat), Zinnchlorür und Ammoniak (Zinnoxydulhydrat), schwefelsaures Manganoxydul und Ammoniak (Manganoxydulhydrat), Kaliumeisencyanür und schwefelsaures Eisenoxyd (Berliner Blau), salpetersaures Quecksilberoxydul und Kaliumeisencyanür (Quecksilbereisencyanür) und mehrere andere unlösliche Doppelcyanüre; endlich eine concentrirte Auflösung von Chlorcalcium und kohlensaurem Kali oder

Natron (kohlensaurer Kalk) bei gewöhnlicher Temperatur u. s. w.

Die durchscheinend häutigen Niederschläge sind zuweilen sehr voluminös und bilden dünne Lamellen, worin sich auch bei sehr starker Vergrößerung nicht die kleinste Spur von Kügelchen, noch anderen Formen entdecken läßt; es sind wahre Häute, welche beim Zusammentreffen der beiden Tropfen, durch deren Vereinigung der Niederschlag entsteht, in verschiedenen Richtungen gebogen und gefaltet werden. Gleich nach ihrer Bildung sind sie vollkommen durchscheinend, aber alsbald geht damit eine Veränderung vor, sie werden undurchsichtig, und es lassen sich Partikeln unterscheiden, welche durch Vereinigung sehr kleiner, wenig zusammenhängender Theile des Häutchens zu einer Gruppe entstehen. Das Häutchen wird in Folge dieser Veränderung lockerer und dünner. Harting nennt diese Form häutig-molekulär. Sie entsteht zuweilen unmittelbar, z. B. durch Fällung von schwefelsaurem Eisenoxyd mit Kali (Eisenoxydhydrat), oder von salpetersaurem Zinkoxyd mit Ammoniak (Zinkoxydhydrat) u. s. w. Wenn der Niederschlag anfangs durchscheinend ist und erst später die häutig molekuläre Form annimmt, so behält er dieselbe zuweilen bei; oftmals und wohl meistens verschwinden die Häutchen und hinterlassen Flocken. Die Moleküle, welche zuerst in dem Häutchen sichtbar waren und durch Zusammengruppirung der Theilchen, woraus das Häutchen besteht, entstanden sind, vergrößern sich fortwährend durch eine stärkere Anhäufung derselben; das Häutchen reißt, und es bleiben Flocken übrig, oder letztere ziehen sich noch mehr zusammen und bilden Körnchen, das Endprodukt der Attraktion der kleinen Theilchen.

Ueber die Natur der Theilchen, welche das durchsichtige Häutchen darstellen, ist wenig zu sagen. Letzteres bildet sich an der Berührungsstelle der beiden Tropfen, aus deren Vereinigung jener Niederschlag entsteht. Eines Mehreren bedarf

es nicht, um die Bildung des Häutchens zu erklären. Die weniger concentrirte der sich berührenden Flüssigkeiten verliert (im Verhältnisse der Aequivalente) die aufgelös'te Verbindung, indem letztere durch die in dem andern Tropfen gelös'te Substanz ausgefüllt wird; die Präcipitation ist an der Berührungsfläche vollkommen und geschieht momentan, so daß beim Zusammenfließen der beiden Tropfen keine weitere Veränderung wahrzunehmen ist; oder der Niederschlag ist so dicht und zusammenhängend, daß von den beiden Auflösungen kaum Etwas hindurchdringen kann. Aus diesem Grunde scheint mir jenes Häutchen weder in seinem Werden, noch seiner Beschaffenheit nach mit organischen Häuten eine Analogie darzubieten.

Es erleidet kaum einen Zweifel, daß die zuerst gefällten Partikelchen, woraus das vollkommen durchsichtige Häutchen besteht, äußerst klein sind. Vielleicht lassen sie Wasser zwischen sich hindurch und werden auf diese Weise als kleine Theilchen selbst bei der stärksten Vergrößerung unsichtbar.

Die gelatinöse Form der Niederschläge nimmt z. B. die Thonerde an bei der Fällung von schwefelsaurer Thonerde mit Ammoniak, ferner die Beryllerde, und Kieselfluorkalium, wenn es aus kohlensaurem Kali durch Kieselfluorwasserstoffsäure gefällt wird. Jene Niederschläge sind ganz durchscheinend, und es lassen sich darin keine isolirte Theilchen erkennen, wahrscheinlich weil dieselben ganz mit Wasser getränkt sind, das sie in bestimmten Verhältnissen zurückhalten. Auch für die durchsichtigen häutigen Niederschläge läßt sich annehmen, daß in der ersten Zeit der Fällung Hydrate entstehen, welche bei der Metamorphose der Theilchen in Körnchen u. s. w. ihre Zusammensetzung ändern, indem sie sich in andern Verhältnissen mit Wasser vereinigen oder auch alles Wasser verlieren *).

*) Harting hat später (Zeitschrift für Naturgeschichte, 1843) die gelatinöse Form auf die häutige zurückgeführt.

Von Harting's Beobachtungen weichen die Angaben von Link *) ab, welcher gefunden zu haben glaubt, daß alle Niederschläge zu Anfang kleine Kügelchen seien, welche sich zu größeren vereinigen und eine solche Beweglichkeit besitzen, wie Quecksilbertropfen; und daß diese Kügelchen erst später plötzlich zu Krystallen werden. Sie bilden bald Plättchen (plaatjes), bald gelatinöse Massen.

Nach dieser Ansicht Link's sind die gefällten krystallinischen Körper ursprünglich bei der Fällung noch nicht krystallinisch, sondern bewegliche isolirte Tröpfchen, welche erst später fest werden. Auch ist nach ihm die Krystallisation ein späterer Akt, dem die Entstehung des festen Körpers vorausgeht, und es soll der Niederschlag vor der Krystallisation aus kleinen Kügelchen bestehen, welche man wahrnimmt, wenn man ihn gleich nach dem Zusammentreffen der beiden Flüssigkeiten untersucht. Durch Vereinigung jener Kügelchen entsteht nach Link plötzlich der Krystall mit seiner eigenthümlichen Form.

Harting hat hiergegen **) sein Bedenken geäußert und meiner Ansicht nach bewiesen, daß Link nicht genau beobachtete. Das beste Mikroskop giebt von sehr kleinen Gegenständen immer ein undeutliches Bild, so daß sich über die wahre Form nicht mehr mit Bestimmtheit entscheiden läßt, und was Link unter Kügelchen versteht, muß nach Harting einfach Moleküle genannt werden. Dies gilt schon von Theilchen, welche $1/_{2000}$ Millimeter im Durchmesser haben; zwar hat Link von Kügelchen mit 0,00003 Millimeter gesprochen; doch stellt Harting mit Recht die Richtigkeit solcher Angaben in Abrede, wenn es auch immer wahrscheinlich bleibt, daß die kleinsten Theilchen der festen Körper kugelförmig sind.

*) Jahresbericht, 1840, S. 5, und Poggendorff's Annalen, Bd. 46, S. 258, und De la formation des corps solides, Berlin 1841.

**) Zeitschrift für Naturgeschichte.

So weit meine Erfahrung und Einsicht in jene Untersuchungen reicht, kann ich von den häutigen Niederschlägen, welche bei einer zwölfhundertmaligen Vergrößerung beobachtet wurden, bestätigen, daß die ursprüngliche Form derselben eine lamelläre ist, und daß sich erst später einzelne Theilchen darin unterscheiden lassen, während man unmittelbar nach der Fällung nichts als ein homogenes Häutchen wahrnimmt. Dies gilt namentlich von den Eisendoppelcyanüren.

Die häutige Form der Niederschläge scheint die kleinste nachweisbare Form zu sein, worin feste unorganische Körper vorkommen. Die Theilchen selbst können nicht mehr deutlich erkannt und unterschieden werden, und über ihre Gestalt läßt sich daher Nichts mit Bestimmtheit sagen. Man weiß nur, daß sie sich zu wahrnehmbaren Körpern vereinigen, welche bald regelmäßige, bald unregelmäßige Formen besitzen, und welche im ersten Falle ihre Form beibehalten, indem sich neue Theilchen der festen Substanz auf die bereits vereinigten niederschlagen; daß sie ferner zuerst fest werden und als selbstständige kleine Partikelchen neben einander bestehen, welche sich später gruppiren und unter einander zu einem größern Individuum vereinigen, und daß die kleinsten festen Theilchen, wenn es zwischen dem flüssigen und festen Zustande für sie einen intermediären giebt, nicht sogleich bei ihrer Entstehung, sondern erst nach einiger Zeit sich zu einem größern Ganzen verbinden, daß endlich das neue Ganze zuweilen eine krystallinische Beschaffenheit hat, aber niemals sich als hohles Beutelchen darstellt, welches, wie bei der Zellenbildung, etwas Neues producirt oder von Innen heraus ein neues Individuum hervorbringt.

Harting und vor ihm schon Leeuwenhoek und Ehrenberg haben bei Untersuchung der Art und Weise, wie Krystalle wachsen, gefunden, daß ein kleiner in der Auflösung schwimmender Krystall sich unmerkbar vergrößert. Link sieht auch hier kleine Kügelchen, welche sich an den fertigen

Krystall anlegen. Hierüber läßt sich nichts Bestimmtes angeben; denn man kann nicht wahrnehmen, im welchem Zustande sich die Theilchen fester Körper in dem Augenblicke befinden, wo sie in Begriff sind, einen Theil des Krystalls auszumachen, noch wie sich ein fester Körper verhält, wenn er eben die erste Spur von einem Krystall bildet. So viel steht fest, daß keine andere wahrnehmbare Formen vorausgehen, und daß die ersten Spuren von Krystallisation sich durch die Entstehung von Theilchen bemerkbar machen, welche, dem Auge sichtbar, gradezu für kleine Krystalle angesehen werden müssen. Was sie sind, bevor man sie wahrnehmen kann, ist natürlich unbekannt; aber daß die allerkleinsten Theilchen der krystallinischen Körper kleine Krystalle sein sollen, ist unwahrscheinlich.

Harting zieht aus der Beobachtung, daß ein Krystall sich unmerklich vergrößert, den richtigen Schluß, daß die Schichten desselben unendlich dünne Lamellen sind, und daß, da solche Lamellen immer noch aus kleinen Krystallen bestehen, die Krystalltheilchen auch dann noch krystallinisch sind, wenn man sie bei der stärksten Vergrößerung nicht mehr wahrnehmen kann, einer Vergrößerung, wobei sich Körper von $^1/_{2000}$ bis $^1/_{5000}$ Millimeter unterscheiden lassen. Da nun die Krystallflächen sich unmerkbar vergrößern, und die krystallinischen Theilchen, woraus sie bestehen, unsichtbar sind, so ist auch das erste krystallinische Partikelchen, oder der Kern des Krystalls nicht mehr zu erkennen, und es bleibt uns deshalb die Form der kleinsten Krystalltheilchen durchaus unbekannt.

der organisirten und unorganischen Elementartheilchen hat ohne Zweifel seinen Grund in einer verkehrten Auffassung der Thatsache, daß in dem organischen Reiche ähnliche chemische Verbindungen gefunden werden, wie sie in der unorganischen Natur vorkommen, und daß die organische Welt aus unorganischen Stoffen zusammengesetzt ist und durch sie erhalten wird: eine Wahrheit, welche erst in neuester Zeit anerkannt worden ist. Wenn aber die Grundformen gleich sind, wo hat man den Grund zu den spätern Verschiedenheiten zu suchen? Ist nicht grade die abweichende Form der Elementartheilchen Ursache der Formverschiedenheit des daraus zusammengesetzten Ganzen? Muß sich nicht auch die Form der Bausteine und der andern Materialien nach der Beschaffenheit und dem Zwecke des Gebäudes richten, welches daraus zusammengesetzt werden soll?

Von welcher Seite man die Sache betrachtet, mag man die organische Zusammensetzung irgend eines Theils des Thier- und Pflanzenreichs, oder die Lagerung und Schichtung der Krystalltheilchen, oder mag man die Funktionen ins Auge fassen, welche nur die eine Körperreihe erfüllt, irgendwo muß die Verschiedenheit ihren Anfang nehmen, welche, in der ursprünglichen Richtung fortschreitend, sich in ihren Folgen immer deutlicher offenbart und das organische Reich von dem unorganischen immer mehr entfernt.

Wenn nun, wie ich im ersten Abschnitte darzulegen gesucht habe, jene Verschiedenheit in der chemischen Natur des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Stickstoffs und Sauerstoffs ihren Grund hat, denen sich noch einige andere Körper hinzugesellen, so muß sie sich von diesem Punkte an in der Organisation derjenigen Elementartheile zu erkennen geben, welche ein Organ zusammensetzen. Ein jedes dieser Theile hilft die Funktion erfüllen, welche den Charakter des Organs bestimmt; sie sind selbst Organe und können daher weder dieselbe Struktur haben, noch auf die nämliche Weise ent-

Zusammenhang zwischen den Elementarformen der unorganisirten und der organisirten Körper.

Man hat häufig versucht, zwischen den Elementarformen organischer und unorganischer Körper einen Zusammenhang aufzufinden, und hat der Erforschung dieses Gegenstandes, wie aus den vielen in dieser Absicht unternommenen Arbeiten hervorgeht, eine übertriebene und meiner Ansicht nach ganz unverdiente Wichtigkeit beigelegt. Wenn die kleinsten sichtbaren Theile der Körper, welche die Organe bilden, denjenigen gleich wären, die als Bestandtheile der unorganischen Natur gradezu unfähig sind, irgend eine Funktion zu erfüllen (S. 96.), so würden sich die Schwierigkeiten, welche die Erklärung der Zellenbildung u. s. w. an und für sich schon verursacht, nur noch häufen. Denn gerade aus der Natur der Elemente, aus der ungleichen Gruppirung und den abweichenden Formen, welche die einfachsten Theilchen annehmen können, muß der Unterschied hergeleitet werden, welcher zwischen organisirten und unorganisirten Körpern, zwischen Krystall- und Zellenbildung besteht.

Kein Krystall vermag die Funktion eines zusammengesetzten Organs, selbst nicht einmal die einfache Verrichtung einer Zelle zu übernehmen, nämlich Verbindungen hervorzubringen, welche befähigt sind, Zellenform anzunehmen. Ein aus Säulen oder Würfeln bestehendes Organ ist undenkbar. Würde einmal eine den kleinsten sichtbaren Theilen der Krystalle und Organe gemeinschaftliche Form aufgefunden, so wären die Krystallographie und Histologie bis jetzt nicht nur noch ganz uncultivirte Felder gewesen, sondern die Aufgabe dieser Wissenschaften würde für immer außer dem Bereich des menschlichen Geistes liegen.

Das Suchen nach Analogie zwischen den Grundformen

der organisirten und unorganischen Elementartheilchen hat ohne Zweifel seinen Grund in einer verkehrten Auffassung der Thatsache, daß in dem organischen Reiche ähnliche chemische Verbindungen gefunden werden, wie sie in der unorganischen Natur vorkommen, und daß die organische Welt aus unorganischen Stoffen zusammengesetzt ist und durch sie erhalten wird: eine Wahrheit, welche erst in neuester Zeit anerkannt worden ist. Wenn aber die Grundformen gleich sind, wo hat man den Grund zu den spätern Verschiedenheiten zu suchen? Ist nicht grade die abweichende Form der Elementartheilchen Ursache der Formverschiedenheit des daraus zusammengesetzten Ganzen? Muß sich nicht auch die Form der Bausteine und der andern Materialien nach der Beschaffenheit und dem Zwecke des Gebäudes richten, welches daraus zusammengesetzt werden soll?

Von welcher Seite man die Sache betrachtet, mag man die organische Zusammensetzung irgend eines Theils des Thier- und Pflanzenreichs, oder die Lagerung und Schichtung der Krystalltheilchen, oder mag man die Funktionen ins Auge fassen, welche nur die eine Körperreihe erfüllt, irgendwo muß die Verschiedenheit ihren Anfang nehmen, welche, in der ursprünglichen Richtung fortschreitend, sich in ihren Folgen immer deutlicher offenbart und das organische Reich von dem unorganischen immer mehr entfernt.

Wenn nun, wie ich im ersten Abschnitte darzulegen gesucht habe, jene Verschiedenheit in der chemischen Natur des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Stickstoffs und Sauerstoffs ihren Grund hat, denen sich noch einige andere Körper hinzugesellen, so muß sie sich von diesem Punkte an in der Organisation derjenigen Elementartheile zu erkennen geben, welche ein Organ zusammensetzen. Ein jedes dieser Theile hilft die Funktion erfüllen, welche den Charakter des Organs bestimmt; sie sind selbst Organe und können daher weder dieselbe Struktur haben, noch auf die nämliche Weise ent-

stehen, wie die unorganisirten Körper, welche in dem einmal angenommenen Zustande verharren, bis einmal eine äußere Ursache ihre Lage verändert. Die ununterbrochene Thätigkeit — ein Hauptkennzeichen des organischen Lebens und also auch der kleinsten Organe, der elementaren Grundformen — erfordert besondere Formen und besondere Kräfte, wodurch beide, die Thätigkeit und Form, hervorgerufen werden.

Sind also die Lebenserscheinungen eine Reihe von Folgen, Folgen von eigenthümlichen Zuständen (der Zusammensetzung und der Formen) der Körper, so muß eine Grundursache vorhanden sein, deren erste Wirkung sich nothwendig offenbart nicht in der Erfüllung einer Funktion, — denn diese ist erst spätere Folge — sondern in der Hervorbringung gewisser Formen, welche wir als nothwendige Bedingungen für die Funktion anerkennen. Es muß daher, wo bestimmte Formen erzeugt werden sollen, die erste Ordnung der Moleküle schon den Keim jener Formen einschließen, mit andern Worten: die erste durch Gruppirung der Moleküle entstandene wahrnehmbare Form muß dem Zwecke jener Gruppirung entsprechen und demnach zu der später zu vollbringenden Funktion des Organs in ähnlicher Beziehung stehen, wie die Funktion mit dem ganzen Leben des Individuums harmonirt.

Jenen Zusammenhang ergründen, heißt die Mittel und Wege entdecken, deren sich die Gottheit bei der Schöpfung der organischen Natur bedient hat. Dies ist die höchste Aufgabe der Naturwissenschaft; ihr nächstes Ziel ist, die bestehende Regelmäßigkeit kennen zu lernen, um später von den allerersten Ursachen durch alle Phasen hindurch die letzten Wirkungen abzuleiten.

Die Uebereinstimmung, welche man bei den Formen der mikroskopischen Theilchen der Thier- und Pflanzenwelt und der unorganischen Körper aufgefunden zu haben glaubt, beschränkt sich allein auf die Aehnlichkeit ihrer blasenförmigen Gestalt. Man ging zunächst von der Zellentheorie aus,

und als man bei den unorganischen Stoffen runde mikroskopische Theilchen entdeckte, hielt man sie für Kernkörperchen. Aber wo giebt es sonst noch eine Analogie zwischen den kleinen runden Körperchen der Zellen und Niederschläge? Hat man je beobachtet, daß aus einem Kernkörperchen ein Niederschlag entstanden ist, gleich wie sich daraus eine Zelle bildet? Ist etwa ein Niederschlag auch ein mit einer Flüssigkeit gefülltes Bläschen? Hier verläßt uns alle Analogie, und das einzige, was übrig bleibt, ist: daß Kernkörperchen und die kleinsten Theile mancher Niederschläge beide rund zu sein scheinen; wahrlich eine Uebereinstimmung, woraus sich nicht mehr folgern läßt, als daß die allgemeinen Gesetze der Attraktion für alle kleinen Gruppen von Molekülen gelten, gleichviel ob es organische oder unorganische Moleküle sind. Aber mit ganz allgemeinen Gesetzen erklärt man keine besondere Reihe von Erscheinungen, nicht die Unterschiede zwischen Leben und Nicht-Leben.

Meiner Ueberzeugung nach hat man für die Erklärung der Bildung eines Zellenhäutchens Nichts mit der Kenntniß von der Entstehung der Niederschläge gewonnen. Bei dem Verbrennen der Zellenmembran bleiben unorganische Stoffe: Kieselerde, Kalk und Kali, zurück; aber wie man daraus folgern kann, daß die Zellenwand einem Niederschlage gleiche, will mir nicht einleuchten. Unorganische Stoffe gehören zu den Bestandtheilen der Gewebe eben so gut, wie die organischen Elemente; der Pflanzenzellenstoff kommt sehr selten ganz frei von unorganischen Bestandtheilen vor; er ist damit chemisch verbunden. So giebt es eine Verbindung von Cellulose und Kalk; wenn man hierin den Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff durch Glühen austreibt, so bleibt natürlich der Kalk zurück.

Meiner Ansicht nach muß in die Erklärung von der Entstehung der Elementartheile des organischen Reichs, wenn sie nicht unvollständig bleiben soll, noch der Begriff von

Activität, von Funktion aufgenommen werden; ein Begriff, der schon in der Vorstellung liegt, die wir uns von den aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff bestehenden organischen Gruppen machen, insofern sie durch chemische Kräfte eine beständige Veränderung erleiden. Das kleinste Molekül, welches sich mit andern zu einem Kernkörnchen verbindet, ist schon ein Organ, erfüllt bereits eine Funktion. In ihm liegt die Fähigkeit zu produciren, und es ist in diesem Sinne ein Individuum, nicht ein gewöhnliches Molekül, sondern ein actives, schaffendes Molekül. Es unterscheidet sich dadurch von einem Niederschlag, welcher durch bloße Aneinanderreihung seiner Theilchen körnig wird, ohne daß sich dabei eine andere Thätigkeit kund giebt.

Die Wirksamkeit, welche wir Leben nennen, beruht in der eigenthümlichen Beschaffenheit der vier Grundstoffe, des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Stickstoffs und Sauerstoffs, und tritt hervor, wenn ihre Verbindungen in bestimmte Verhältnisse gelangen. Man könnte letztere chemische Verhältnisse nennen, obschon sie sich von denjenigen unterscheiden, welche wir gewöhnlich darunter verstehen, in so fern wir sie künstlich, nur schwierig oder gar nicht herbeizuführen im Stande sind. Die nächste Folge dieser günstigen Umstände ist die Hervorbringung eigenthümlicher Verbindungen mit eigenthümlichen Gestalten, welche nicht aufhören, eine gewisse Thätigkeit an den Tag zu legen, so lange sie in jener Lage bleiben. Will man daher in obiger Hypothese statt des Wortes „Präcipitation" setzen: eigenthümliche chemische Gruppirung mit der Fähigkeit der Entwickelung neuer Stoffe und neuer Formen, welche als Folgen der Gesammtwirkung der constituirenden Elemente angesehen werden müssen, so wird nichts Erhebliches dagegen einzuwenden sein.

Mit wenigen Worten könnte man Leben und Lebensäußerungen bezeichnen: als den Chemismus der vier organischen Elemente, des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Stickstoffs und

Sauerstoffs mit allen seinen Folgen, wenn auch manche Lebenserscheinungen für jetzt nach dieser Definition noch keine Erklärung finden.

Ich glaubte hier die Frage über die Bildung der Elementarformen specieller berühren zu müssen; im Uebrigen verweise ich ganz auf den ersten Abschnitt des vorliegenden Werkes. Sie beruht allein auf chemischer Wirkung, ist aber darum noch keine Präcipitation. Die Reduktion des Eisens im Hohofen und die Orydation brennbarer Körper sind chemische Processe, aber darum immer noch keine Präcipitationen.

Unorganische Stoffe im organischen Reich.

Man hat beobachtet, daß nach der Verbrennung der Pflanzenorgane eine Asche zurückbleibt, welche das Skelett des Organs vorstellt. Göppert fand es aus Kali und Kalk bestehend *), aber es kommen darin jedenfalls noch andere Basen vor. Viele Pflanzen hinterlassen nach dem Glühen einen Rückstand von Kieselerde, welche die Gestalt der Zelle beibehalten hat und dann eine feine schwammige Masse bildet.

Die Kieselsäure wird von den Pflanzen als kieselsaures Kali aufgenommen und später aus dieser Verbindung durch Pflanzensäuren ausgeschieden, wobei sich pflanzensaures Kali bildet, welches von dem Pflanzensaft aufgelöst und weiter fortgeführt wird. Je nach der Natur des verbrannten Organs erhält man verschiedene Formen des schwammigen Rückstandes; z. B. liefern die Spiralgefäße immer eine deutlich spiralförmig gewundene Asche.

Die meisten der unorganischen Stoffe lassen sich, durch verschiedene Lösungsmittel ausziehen, z. B. die Kieselerde durch Kali und die Basen mit Salzsäure.

*) Poggendorff's Annalen, Bd. 38, S. 568.

Ob man die unorganischen Basen, Salze und Säuren als wesentliche Bestandtheile der Pflanzenorgane betrachten muß, oder ob sie bloß darin abgesondert liegen, darüber sind die Pflanzenphysiologen nicht einig. Morren und Reade*) erklären sich für das Erstere.

Die Sache liegt übrigens der Entscheidung nahe.

Manche Schimmelpflanzen liefern den unzweideutigen Beweis, daß Zellenreihen ohne unorganische Bestandtheile existiren können.. Mycoderma vini z. B. hinterläßt keine Spur von Asche **). Auch aus den Schimmelpflanzen, welche ich in großer Menge aus Milchzucker sich bilden sah, erhielt ich nicht die geringste Menge eines festen Rückstandes. Die Cellularpflanzen bedürfen also der unorganischen Bestandtheile zu ihrer Existenz nicht.

Erwägt man auf der andern Seite, daß so viele Pflanzen immer die nämlichen unorganischen Stoffe enthalten, so muß man die Ueberzeugung gewinnen, daß letztere zur Erreichung gewisser Zwecke nothwendig und nicht etwa zufällig darin vorhanden sind.

Dies gilt indessen nicht von allen in den Pflanzen vorkommenden Stoffen auf gleiche Weise. Die in den Zellen abgelagerte Kieselerde oder der kohlensaure Kalk und andere Niederschläge haben in den Räumen, wo sie eingeschlossen sind, eine passive Stellung und sind auf passive Weise entstanden. Sie sind den Niederschlägen, welche sich außerhalb des organischen Reichs bilden, gleich zu stellen und werden grade wie jene dadurch erzeugt, daß sich mit dem Inhalte einer Zelle, die eine feste Substanz aufgelöst enthält, eine andere auflösliche Verbindung vermischt, welche zusammen einen Niederschlag geben. Wenn sich z. B. mit dem Pflanzensaft, worin kieselsaures Kali aufgelöst ist, eine organische

*) London and Edinb., Phil. Mag., Nov. 1837, p. 413.

**) Scheik. Onderz., Deel I. p. 539.

Säure, z. B. Oxalsäure mengt, so muß sich oxalsaures Kali und freie Kieselsäure bilden. Die Zahl der auf diese Weise auf oder in der Zellenmembran abgeschiedenen Stoffe ist sehr groß. Auch in die mit Salzauflösungen imprägnirten Wände treten oftmals andere Flüssigkeiten ein, welche Niederschläge erzeugen, die sich dann in den kleinen hohlen Räumen derselben festsetzen. Derselbe Proceß geht vor sich, wenn man Papier mit einer Auflösung von Chlorcalcium tränkt und darauf mit kohlensaurem Natron übergießt. Der Niederschlag von kohlensaurem Kalk bildet sich hier zwischen den Papierfasern, grade wie in der Zellenmembran.

Die im Wasser unlöslichen Salze, welche auf diese Weise in großer Anzahl in den thierischen und Pflanzenorganen abgelagert werden, bleiben daselbst so lange liegen, bis später einmal eine auflösende Flüssigkeit dahin gelangt, z. B. eine Säure, welche die Niederschläge aus der Zellenwand auf gleiche Weise auflöst, wie wir mit Salzsäure kohlensauren Kalk, kohlensaure Magnesia, phosphorsauren Kalk, Eisenoxyd u. s. w. aus dem Filtrirpapier ausziehen. Aber solche sauren Flüssigkeiten treten nur in gewissen Pflanzen auf. Die Säfte sehr vieler anderer Pflanzen enthalten niemals freie Säure, und hier kann also durch eine Säure ein Niederschlag nicht wieder aufgelöst werden.

Payen*) hat solche Präcipitate in den Ficusarten, F. ferruginea, laurifolia u. s. w. untersucht. Es sind gestielte, knotenförmige, mit einem kalkhaltigen Niederschlage überzogene Körperchen, welche er besonders in Parietaria lusitanica und arborea sehr groß fand. Sie waren cylindrisch in Celtis australis. Man findet sie am häufigsten an der äußersten Oberfläche unter der Oberhaut. Ein großes Blatt von Broussonetia papyrifera enthielt 134000 solcher Körperchen. Nach Payen findet man kohlensauren Kalk zu-

*) Comptes rendus, II. p. 401, 1840.

weilen zwischen den Parenchymzellen der Blätter und ihren Nerven, in den Blattstielen und Stämmen.

Mitunter ist der kohlensaure Kalk sogar in Pflanzen enthalten, deren Saft so sauer ist, daß er mit Kreide Kohlensäure entwickelt. Payen meint, daß der Niederschlag in diesem Falle durch das kohlensaure Ammoniak der Luft entsteht, was übrigens nicht wahrscheinlich ist.

Die Kieselsäure, welche krystallisirt die Zellen der Gramineen, Characeen und Equisetaceen erfüllt, kommt nach Payen an der Oberfläche vieler — vielleicht aller — Blätter vor. Er fand sie hin und wieder auch in den Intercellulargängen in Gestalt sphäroidischer Concremente. Während sie in der Epidermis aller Pflanzen die Zellenwände regelmäßig inkrustirt, kommt sie zuweilen auch in den innern Zellen vor, aber doch viel weniger allgemein. Welchen Dienst sie daselbst leistet, ist ganz unbekannt.

Chara translucens überzieht sich mit Kieselsäure, während Chara vulgaris unter den nämlichen Verhältnissen mit Kieselsäure und zugleich mit kohlensaurem Kalk, und Chara hispida nur mit kohlensaurem Kalk sich bedeckt*).

Was von den unorganischen Bestandtheilen der Pflanzen gilt, findet auch auf viele Theile des thierischen Körpers Anwendung, namentlich auf die Salze der Knochen und Zähne. Diese sind darin für Flüssigkeiten leicht zugänglich und lassen sich künstlich ohne Mühe ausziehen. So löst man z. B. durch Salzsäure die Kalksalze der Knochen, Zähne, des Elfenbeins u. s. w. auf. Ein ähnlicher Proceß geht in manchen Krankheiten in dem Körper vor sich, z. B. bei der Erweichung der Knochen, in Rhachitis u. s. w., wo die Auflösung durch eine saure Flüssigkeit geschehen kann. Das seiner Natur nach alkalische Blut muß deshalb in jener Krankheit

---

*) Die speciellern Angaben von Payen findet man in den Mémoires sur les développements des végétaux, p. 313.

eine wesentliche Veränderung erlitten haben, die Ernährungsflüssigkeit, welche aus den Knochen tritt, muß sauer oder wenigstens so beschaffen sein, daß sie Kalksalze aufzulösen vermag.

Die Beingeschwulst und dergleichen Abnormitäten sind Beispiele einer krankhaften Absonderung von Kalksalzen an fremdartigen Stellen, die Exostose ein Fall von einer Ausbreitung des Gewebes, worin sich die Kalksalze gewöhnlich ausscheiden.

Die Schaalen der Schaalthiere, die Decken der Schildkröten und manche andere animalische Produkte entstehen auf die nämliche Weise.

Außer jener passiven Absonderung der unauflöslichen unorganischen Stoffe giebt es eine active, eine chemische Verbindung derselben mit den organischen Theilen der Gewebe, so daß sie wesentliche Bestandtheile derselben ausmachen. Dazu liefert besonders das Thierreich eine Menge von Beispielen. Die unorganischen Stoffe lassen sich von dem Faserstoff des Blutes und vom coagulirten Eiweiß durch eine Säure nicht vollständig trennen; und ist die Verbindung derselben schon innig bei solchen Körpern, welche ursprünglich aufgelöst waren, wie viel mehr wird sie es bei den an und für sich festen Körpern sein. Das Bindegewebe enthält in dieser Weise eine bedeutende Menge kohlensauren und phosphorsauren Kalk, und im Chondrin findet man davon noch weit mehr, kurz sie kommen in allen Geweben, in allen animalischen Stoffen vor. In den Blutkörperchen sind sie mit dem Zellenhäutchen so innig vereinigt, daß sie nach der Verbrennung des letzteren mit der den Blutkörperchen eigenthümlichen Gestalt zurückbleiben *).

Es ist nicht schwer, die Frage zu beantworten, durch

*) Man erhält dabei übrigens auch die Salze des Blutwassers eingemengt, womit die Blutkörperchen befeuchtet, wovon sie durchdrungen sind.

welche Kraft die unorganischen Stoffe in den angeführten Beispielen mit den organischen verbunden sind, wie es z. B. geschieht, daß in der Zellenwand einer jungen Zelle, welche aus Cellulose besteht, oder in den Spiralfasern der Pflanzen unorganische Materien zurückbleiben. Die Ursache jener Erscheinung ist ohne Zweifel die nämliche, welche bewirkt, daß Metalloxyde an Stoffen, wenn sie gefärbt werden, z. B. Eisenoxyd und Thonerde an Kattun und andern Geweben haften. Aber die Natur dieser Anziehung ist nicht genau bekannt. Bergmann, Macquer und Bartholl et sahen jene Verbindungen für chemische Verbindungen an, Andere haben sie mit der Eigenschaft der Holzkohle, Metallsalze, Farbstoffe und Gase zurückzuhalten, verglichen und halten sie demnach für Folgen einer Anziehung auf geringe Entfernungen in unbestimmten Verhältnissen *).

Man kann mit Grund behaupten, daß in dem ganzen organischen Reich keine Substanz bekannt ist, welche eine absolute Indifferenz, welche gar keine Fähigkeit besitzt, sich mit andern Körpern zu vereinigen. Auch die Cellulose, der Hauptbestandtheil der jungen Pflanzenzellen, ist keine indifferente Verbindung, sie hat im Gegentheil das Vermögen, Kalk, Kali, Magnesia und Eisenoxyd aufzunehmen und sich chemisch damit zu verbinden. Wenn die Formel: $C_{24}\,H_{42}\,O_{21}$ der Ausdruck ihrer rationellen Zusammensetzung ist, so wird die Quantität der unorganischen Basis, welche sich damit zu einer neutralen Verbindung vereinigt, so groß sein, daß ihr Sauerstoffgehalt $1/_{21}$ von dem der Cellulose beträgt.

Es ist daher eher zu verwundern, daß man in der Zellenwand nicht noch eine größere Menge unorganischer Basen findet, als dies der Fall ist. Die Abwesenheit freier Basen in manchen Pflanzenzellen und die Gegenwart der freien Säure

---

*) Man vergleiche Crume im Journal für prakt. Chemie, 1844, No. 11 und 12, S. 164.

in dem Pflanzensaft, welche die Basen aufgelöst erhält, hindert öftmals ihre Abscheidung und die Sättigung der Cellulose mit Kalk, Kali u. s. w. Wo ein Bestandtheil der Zellenwand selbst sich wie eine Säure verhält, wie der Pflanzenleim oder die Pectose *), da finden wir jedesmal eine bedeutende Menge Basen, welche durch schwächere Säuren nicht haben ausgezogen werden können.

Die Quelle aller jener unorganischen Stoffe in den Pflanzen ist der Saft, den die Wurzeln aufsaugen. Das Thier empfängt sie wieder von den Pflanzen oder von einem andern Thiere, welches zu seiner Nahrung dient. Schon das gewöhnliche Wasser enthält die meisten Salze des Blutserums (S. 130) und liefert auch die zur Bildung der Gewebe und der genannten Niederschläge nothwendigen Salze. Den phosphorsauren Kalk und Eisenoxyd, welche darin fehlen, erhält das Thier von der Pflanze. Der Erstere kommt im Getreide in namhafter Menge vor, und nach Raspail (Chemie organ., Paris 1838, T. 3, p. 597) auch krystallisirt in Orchis, Ornithogalum, Narcissus, Hyacinthus u. s. w. Er muß im Blute der Thiere in aufgelöstem Zustande enthalten sein. Durch die freie Salzsäure des Magens aufgelöst müßte er vom alkalischen Blute wieder gefällt werden, wenn er nicht mit aufgelöstem Eiweiß und Faserstoff eine lösliche Verbindung einginge **).

Auf dieselbe Art, wie der phosphorsaure Kalk im thierischen Körper circulirt, nämlich in Verbindung mit Protein in auflöslicher Form, durchzieht er auch die Pflanzen. Das Eiweiß vermittelt auch hier den Durchgang des unlöslichen

*) Pectose ist derjenige Bestandtheil, welcher durch Kochen mit einem Alkali Pectinsäure, mit einer Säure Parapectinsäure giebt. Scheik. Onderz., Deel III. Dies mag zur Vervollständigung dessen dienen, was oben S. 244 über Pectin gesagt ist.

**) Daß die Angaben von Enderlin, welcher behauptet, daß die Salze des Blutes hauptsächlich aus phosphorsaurem Natron bestehen (Annalen der Pharmacie und Chemie, März 1844, p. 317), unrichtig sind, werden wir weiter unten in dem Artikel über Blut sehen.

Salzes durch die Pflanzentheile, und es ist aus diesem Grunde sehr wahrscheinlich, daß die Körner, welche so viel coagulirtes Eiweiß in Verbindung mit phosphorsaurem Kalk enthalten, dahin, wo man sie findet, nämlich im Samen, als eine Flüssigkeit von andern Stellen hingeführt sind.

Es ist leicht zu begreifen, wie die Pflanze solche unlösliche Salze aus dem Boden aufnehmen kann, denn die Ackererde enthält freie Säuren; durch die Essigsäure, Ameisensäure und die fünf organischen Säuren der Ackerkrume (S. 152) werden Kalk und Magnesia, phosphorsaurer Kalk und Eisenoxyd aufgelöst und gelangen mit dieser sauren Flüssigkeit an die Stellen, wo in den äußersten Wurzelzasern Protein bereitet wird, um von da in Verbindung mit Protein weiter fortgeführt zu werden. Derselbe Proceß wiederholt sich im thierischen Organismus. Der phosphorsaure Kalk z. B. der Getreidekörner wird von der Salzsäure des Magens aufgelöst und in ein saures Kalksalz verwandelt. Dieses kann als solches nicht in das Blut gelangen, denn im Dünndarm wird die freie Säure durch Alkali neutralisirt, und der phosphorsaure Kalk würde niederfallen, wenn nicht Protein zugegen wäre, welches ihn aufnimmt und in das Blut überführt.

Es ist schon schwieriger zu erklären, wie phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk in den Knochen aus dem Blute abgeschieden wird. Wahrscheinlich hängt dies mit der Umsetzung der jenes Salz aufgelös't enthaltenden Bestandtheile des Blutes zu dem leimgebenden Gewebe der Knochen zusammen.

Wenn die leimgebende Substanz der Knochen aus zersetztem Faserstoff oder aus dem bei der Respiration daraus gebildeten Proteintritoxyd (welches auch die Eigenschaft hat, sich mit phosphorsaurem Kalk zu verbinden) entsteht, so ist denkbar, daß da, wo die Umsetzung geschieht, der phosphorsaure und kohlensaure Kalk, die im Faserstoff u. s. w. vorhanden waren, als Niederschläge zurückbleiben und die kleinen Räume ausfüllen, welche das leimgebende Gewebe offen

läßt. Ist dies wirklich der Fall, so wird in der Haut, in den serösen Häuten und andern aus leimgebenden Geweben entstandenen Theilen der gefällte Kalk wieder aufgelöst; denn jene enthalten nur eine geringe Menge von Kalksalzen. Der Blutreichthum der Haut und die Thätigkeit der serösen Häute, Organe, von denen fortwährend Feuchtigkeit abgesondert wird, macht dies erklärlich; während die langsame Circulation des Bluts in den Knochen Ursache ist, daß die einmal abgeschiedenen Kalksalze an der nämlichen Stelle bleiben.

Es ist ausgemacht, daß die unorganischen Stoffe in den thierischen Flüssigkeiten mit den organischen Bestandtheilen derselben in einem bestimmten Aequivalentverhältnisse verbunden sind. Der Faserstoff des Blutes enthält im reinen Zustande bei denselben Thieren eine constante Menge Salze; auch das Krystallin des Auges hinterläßt beständig 0,6 Procent einer weißen kalkhaltigen Asche. Dies gilt in der nämlichen Weise von jedem andern Elementargewebe.

Diese Gesetzmäßigkeit läßt sich auch in verschiedenen Theilen der Pflanzen sowohl in den festen, wie in den flüssigen Bestandtheilen nachweisen. Der Weinstein kommt in den Trauben als weinsaures Kali und weinsaures Wasser vor; der damit gemengte weinsaure Kalk als ein neutrales Salz. Aber daß die Sauerstoffmenge der Basen für eine ganze Pflanze derselben Species constant sei, wie Liebig behauptet, ist natürlich unmöglich (siehe unorganische Nahrungsstoffe der Pflanzen). Eben so wenig läßt sich annehmen, daß die Sauerstoffmenge der Basen für alle Thiere der nämlichen Gattung immer die nämliche sei.

Es ist bemerkenswerth, daß einige der unorganischen Bestandtheile der Pflanzen in einem gewisse Grade einander vertreten können, wenn der Boden verschieden ist, dem sie die Salze entnehmen; andere lassen sich dagegen nicht ersetzen. Wenn sie daher dem Boden fehlen, so kränkeln die

Pflanzen, oder kommen überhaupt nicht darin fort. In dem Abschnitt, welcher über die Ernährung der Pflanzen handelt, werde ich hierauf zurückkommen. Es handelt sich hier nur darum im Allgemeinen zu zeigen, daß die unorganischen Bestandtheile in den Elementargeweben der Pflanzen und Thiere in gewöhnlicher chemischer Verbindung enthalten sind. Die Basen: Kalk, Natron, Kali und Magnesia sättigen und neutralisiren die festen Stoffe der Gewebe — welche gewöhnlich ein hohes Aequivalentgewicht haben — wenn nicht andere Ursachen dies verhindern; die basischen Salze vertreten häufig die Stelle der Basen. Da die im Thierkörper circulirende Flüssigkeit alkalisch ist, so enthalten die animalischen Gewebe eine viel größere Menge unorganischer Bestandtheile als die vegetabilischen Gewebe; in Beiden ist es das Eiweiß, in den Pflanzen außerdem das Dextrin und der Pflanzenschleim, und im Thierkörper das Proteintritoxyd, das anfgelöste Albumin und Fibrin, welche jene Basen von einer Stelle zur andern fortführen.

Payen*), veranlaßt durch die von Meyen gemachte Beobachtung — daß unter der Oberhant der Feigenblätter krystallinische Stoffe vorkommen, welche mitten in großen Räumen (utriculi) an zellenartigen Fäden hängen — hat über das Vorkommen von Krystallen in den Pflanzen eine Reihe von Versuchen angestellt.

Er hat solche in vielen Urticeen und andern Pflanzen gefunden. Die Krystalle sind nach ihm durch ein organisches Gewebe hervorgerufen, welches theils die krystallisirte Substanz abscheidet, theils den Raum bildet, worin dieselbe eingeschlossen ist. Das Organ, von dem der Krystall secernirt wird, liegt mitten in einem großen utriculus. Es besteht aus zwei ihrer Struktur wie ihrer Funktion nach verschiedenen Theilen. Der eine Theil ist aus dem Gewebe der

*) Annales des Sc. Nat., Dec. 1841, p. 321.

umliegenden Zellen entstanden und bildet den zellenartigen Faden, welcher mit seinem einen Ende an der innern Seite der Epidermisschichten befestigt ist; der andere Theil ist aus so kleinen Theilen zusammengesetzt, daß er gleichsam aus Punkten besteht, die in Masse zusammengehäuft sind und, wie Payen sich ausdrückt, einem lustre gleichen, der in dem utriculus an einem Faden hangend schwebt. Das Ganze verändert sich während der Vegetation nicht; aber die Gefäße (vascuoles) füllen sich mit einer Auflösung von kohlensaurem Kalk, woraus sich dies Salz in Krystallen absetzt, und wobei auf der äußersten Oberfläche der Zellenschichten warzenförmige oder krystallinische Theile zum Vorschein kommen. Bei manchen andern Pflanzen ist das abscheidende Organ anders construirt, z. B. in Broussonetia papyrifera (S. 403).

Payen schließt daraus, daß die Krystalle in den Pflanzen nicht zufällig abgesondert werden, sondern daß besondere Organe zu deren Bildung vorhanden sind, ohnstreitig ein viel zu allgemeiner Schluß. Die Menge der in den Zellen so vieler Pflanzen freiliegenden Krystalle von oxalsaurem Kalk bedürfen zu ihrer Entstehung gewiß keiner besondern Organe. Diese Verbindung ist gewiß für die Pflanzenphysiologie sehr wichtig, da sie uns lehrt, daß die Kohlensäure unter Ausscheidung von Sauerstoff in Oxalsäure übergeht

$$C_2\,O_4 = C_2\,O_3 + O$$

aber die Bildung der Krystalle ist darum nicht an das Vorhandensein bestimmter Organe gebunden.

Payen hat verschiedene Formen des oxalsauren Kalks beobachtet; scharfe, aus einem gemeinschaftlichen Centrum strahlenförmig ausgehende Krystalle fand er bei manchen Pflanzen in dem Parenchym und rund um die Nerven der Blätter; große rhomboedrische Krystalle in dem Parenchym der Blätter und unter der Epidermis von Citrus, Limonia, Iuglans regia. In großer Menge kommt nach ihm jenes

Salz in den Cacteen vor in scharfen Lamellen oder in mehr oder weniger verlängerten Prismen, welche durch ihre Vereinigung Sphäroiden bilden mit rauher Oberfläche und ohne spitze Punkte. Aehnliche Krystallformen desselben beobachtet er in verwandten Pflanzen, wie in Opuntia, Echinocactus, Cereus, Cactus, Rhipsalis.

Auch in den biforines von Turpin fand Payen kleine Krystalle von oxalsaurem Kalk, nach deren Auflösung das häutige Beutelchen, welches sie enthielt, ganz biegsam wird.

Payen erhielt bei der Verbrennung der Organe, worin die Krystalle von oxalsaurem Kalk eingeschlossen waren, einen kieselsäurehaltigen Rückstand, welcher ganz und gar die Form des Organs behalten hatte. Hierdurch veranlaßt, verbrannte er Stücke von dem Stengel der Gramineen, Cactus, von Blättern, Petala und Pollenkörnchen, nachdem er sie zuvor mit Säuren ausgezogen hatte, und erhielt stets solche kieselsäurehaltige Aschen, woran sich deutlich alle Merkmale früherer Organisation wahrnehmen ließen, und welche außerdem zuweilen unregelmäßige Massen Kieselerde eingemengt enthielten.

Das Organ, welches die obigen Krystalle abscheidet, ist nicht Cellulose, sondern, wie Mirbel (der Berichterstatter über die Arbeit von Payen) sich ausdrückt: cambium globulo-celluleux. Das Cambium enthält nach Payen viel einer stickstoffhaltigen Substanz; man findet daher bei der Analyse der Pflanzentheile, welche jene Krystalle enthalten, Stickstoff, obgleich sie aus Cellulose bestehen.

Die Absonderung von oxalsaurem Kalk wird nach Payen durch den neutralen oder alkalischen Zustand der Pflanzensäfte veranlaßt. Der helle farblose Saft von Mesembryanthemum crystallinum reagirt alkalisch, während das um die mit Flüssigkeit gefüllten Bläschen liegende Gewebe eine saure Reaction zeigt; in den Bläschen kann also wegen der alkalischen Natur der Flüssigkeit der aufgelös'te oxalsaure Kalk

krystallinisch abgeschieden werden, wie es auch wirklich geschieht *).

Was die Abscheidung durch besondere Organe betrifft, so scheint sie von der allgemeinen Ursache des in den Pflanzen Statt findenden Stoffwechsels abhängig zu sein. Die Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen ist eine ausgemachte Thatsache. Organe zerlegen die Kohlensäure nicht; sie wird aber von solchen Substanzen zersetzt, welche in einer Veränderung begriffen sind, also von aufgelös'ten Stoffen. Letztere können bei der Bildung des oxalsauren Kalks in besondern Beutelchen eingeschlossen sein; aber diese kleinen Hüllen sind nur die Räume, worin, nicht wodurch die Veränderung vor sich geht. Der Begriff des Wortes Organ — wenn man von der Veränderung der chemischen Natur der Körper im organischen Reiche eine Erklärung geben will — muß zergliedert und in seiner wahren Bedeutung aufgefaßt werden (s. weiter unten: Umsetzung der Stoffe in den Pflanzen und Thieren.)

Ueber die Krystallbildung in den Pflanzen hat Unger **) viele Beobachtungen mitgetheilt. Er isolirte aus Piper blandum, Ficus bengalensis und Maranta zebrina Krystalle, welche aus einer organischen Säure und Kalk bestanden. Die Säure war in den beiden letzten Pflanzen Oxalsäure; die in dem Salz von Piper blandum enthaltene Säure konnte er nicht bestimmen ***).

Alle thierischen Flüssigkeiten, welcher Art sie sein mögen, das Blut, die Lymphe, der Speichel, der Urin, die Galle u. s. w. enthalten immer krystallisirbare Stoffe aufgelöst; aber die Menge der Flüssigkeit und die rasche Bewegung

*) Man vergleiche Payen in Mémoires sur les développements des végétaux 5. Mémoire, p. 287.

**) Annalen des Wiener Museums, Bd. 2, S. 1.

***) Man vergleiche Meyen Physiologie, I, S. 212.

derselben, welche unaufhörlich in den meisten Theilen des Organismus Statt findet, verhindern ihre Abscheidung, welche in den Pflanzen gerade durch die entgegengesetzten Ursachen befördert wird. In dem thierischen Körper findet man deshalb im normalen Zustande auch keine Krystalle, keine unorganischen Stoffe ausgesondert, die Knochen und die verwandten Gewebe ausgenommen, bei denen eben die langsamere Circulation der Ernährungsflüssigkeit Hauptursache der Abscheidung von Kalksalzen ist. Aehnliche Ablagerungen sind auch die schaaligen Hüllen mancher Thiere, die Schneckenhäuser, die Muschel- und Austerschaalen und die kalkhaltige Schaale der Vogeleier u. a. m.*)

In allen diesen Organen würde die Ausscheidung der festen Stoffe eben so wenig Statt finden, wie in den Muskeln und ähnlichen Geweben, wenn das Blut jene Organe ebenso schnell durchströmte, wie die letzteren; und wären die festen Materien einmal abgelagert, so würde das Blut, wenn eine raschere und reichlichere Circulation desselben einträte, sie wieder auflösen und weiterführen.

Die Wissenschaft hat bereits diese allgemeinen Resultate gewonnen; die Einzelheiten müssen bei der Betrachtung der einzelnen Gewebe abgehandelt werden.

Aus dem Angeführten geht hervor, warum die krystallinischen Niederschläge fester Körper bei den Pflanzen so allgemein, bei den Thieren dagegen so selten vorkommen.

Die Niederschläge in der organischen Natur, wenn sie sich aus einer großen Menge Flüssigkeit absetzen, sind besonders im Thierreich Producte krankhafter Zustände. Hierhin gehören die verschiedenen Concremente. So entstehen in den Eingeweiden der Bezoar, die Pferdesteine; in den Gallenwegen die Gallensteine; in den Harnwerkzeugen Gries und

---

*) Mehr darüber findet man bei Valentin in Wagner's Handwörterbuch I. S. 636.

Harnsteine, ein Niederschlag oder ein krystallinisches Concrement; in den Rippenknorpeln und den Wänden der Arterien Verknöcherungen: in den Eierstöcken und bei Gicht setzen sich feste Stoffe in ganz fremdartigen Geweben ab.

Die Bildung jener Niederschläge wird gewöhnlich dadurch veranlaßt, daß von einem oder mehreren festen Bestandtheilen der Flüssigkeit eine größere Menge vorhanden ist, als sie auflösen kann. Deshalb scheiden sich in der Galle z. B. Cholesterin, in dem Harn oxalsaurer Kalk, harnsaurer Kalk und Harnsäure ab. Sind die Stoffe im Harn der Art, daß sie Niederschläge geben, so entsteht Gries; haben sie dagegen Gelegenheit, sich langsam abzusetzen, so findet gewöhnliche Krystallisation Statt, von der man mit Unrecht glaubt, daß sie von einem fremden Kern ausgeht. Ein gewöhnlicher Krystall bedarf zu seiner Entstehung keines heterogenen Kerns, eben so wenig die Harnsäure, welche im thierischen Körper große Neigung zur Krystallisation zeigt. Die Ursache des Wachsens der Krystalle und die ihrer Entstehung ist ein und dieselbe; durch das Uebermaaß der aufgelösten festen Stoffe wird die erste Krystallisation wie die fernere Ablagerung der festen Theile auf gleiche Weise veranlaßt. An der Bildung solcher Concremente hat der Organismus nicht unmittelbar thätigen Antheil; sie ist vielmehr eine Präcipitation oder Krystallisation auf gewöhnliche chemische Weise. Die Darmsteine der Pferde entstehen aus den Salzen der Nahrungsstoffe, der Bezoar, welcher Lithofellinsäure enthält, aus einem Producte der Galle *).

---

*) Guibourt in Comptes rendus, Tom 16, p. 130. Berzelius Jahresbericht 1843, S. 670. Ich erwähne dieser Sache nur mit wenigen Worten, weil sie an die allgemeinen chemischen Gesetze gebunden ist, und nicht an besondere, welche das organische Reich charakterisiren.

Pflanzengewebe.

Die Natur hat die Pflanzenwelt mit ihrem Reichthum an Formen aus einer verhältnißmäßig geringen Anzahl von Geweben construirt. Als Hauptorgan trifft man überall die Zellen an, deren Bildung und Form wir so eben betrachtet haben; kleine häutige Säckchen, welche, auf verschiedene Weise aneinander gereiht und in neue und heterogene Formen sich umwandelnd, die Hauptmasse der Pflanzen ausmachen.

Wir haben bereits gesehen, daß eine einfache Zelle eine Pflanze bilden kann. Einige wenige zu einem Ganzen vereinigte Zellen machen eine Schimmelpflanze aus. Je complicirter die Gruppirung derselben ist, um so mehr ist die Pflanze zur Vollbringung verschiedener Funktionen befähigt, und um so reicher erscheint sie an andern äußeren Formen. In dem Maaße, als sich aus Zellen andre Organe entwickeln, nimmt abermals die Mannigfaltigkeit der Funktionen und Formen zu, so daß das Studium der Gewebe mit der Untersuchung der Stellung, Form, Gruppirung und der Metamorphosen der Pflanzenzellen zusammenfällt.

Die Pflanzenzellen zeigen in mancher Beziehung, namentlich hinsichtlich ihrer selbstständigen Existenz und Thätigkeit mit den animalischen Zellen eine nicht zu verkennende Uebereinstimmung; aber sie unterscheiden sich eben so sehr als die Individuen, denen sie angehören. Aus einer Pflanzenzelle entsteht niemals ein animalisches Gewebe, und umgekehrt aus einer thierischen Zelle kein vegetabilisches Gewebe, denn sie sind aus verschiedenen Stoffen zusammengesetzt. In keiner animalischen Zelle findet man eine Spur von Cellulose, derjenigen Substanz, woraus unverdickte Pflanzenzellen ausschließlich, und in allen Pflanzen die ursprünglichen Zellen ohne Unterschied bestehen. Daraus erklärt sich die große Uebereinstimmung in der Struktur und den Ver-

richtungen der Pflanzen und die Verschiedenheit, welche zwischen den vegetabilischen und animalischen Zellenreihen besteht. Die Cellulose verschwindet in den durch das Alter veränderten Zellen nicht ganz, aber oftmals werden andere Körper daran abgelagert.

Ein anderer bemerkenswerther Unterschied zwischen den animalischen und vegetabilischen Zellen liegt darin, daß letztere große Neigung besitzen, die Zellenform beizubehalten, während die ersteren eben so geneigt sind, sie zu verlieren. Die verschiedenen Arten von Epithelium, die Federn, Knorpelgewebe und einige andere ausgenommen, findet man in den ausgebildeten thierischen Geweben immer metamorphosirte Zellen oder andere ursprünglich aus Zellenkernen hervorgegangene Theile an, welche aus ihrem ursprünglichen Zustande oft nicht mehr als den Zellenkern, und bisweilen selbst diesen nicht einmal übrig behalten haben. Der Pflanzenkörper hingegen sowohl der Gefäß- wie der Zellenpflanzen bleibt aus selbstständigen Zellen bestehen, deren Wände nur an Dicke zunehmen. Selbst was die Pflanzenphysiologen Gefäße nennen — die Milch- und Spiralgefäße ausgenommen — ist eine Art verlängerter Zellen, und sie haben ihren ursprünglichen Character keineswegs verloren.

Unsere Einsicht in das Leben der Pflanzenzellen ist leider noch sehr mangelhaft, ungeachtet die ausgezeichnetsten Naturforscher ihre Kräfte dem Studium dieses Gegenstandes zugewendet haben. Der Form nach übereinstimmende Zellenreihen, welche eine gleiche chemische Zusammensetzung zu haben scheinen, und die durch dieselben Stoffe genährt werden, bringen die verschiedensten Producte hervor; und im Allgemeinen herrscht zwischen allen Pflanzenzellen die größte Uebereinstimmung, während die Producte derselben in ihrer Form wie in der Zusammensetzung eine so unendliche Mannigfaltigkeit darbieten. In allen Pflanzen ist die Cellulose als Hauptbestandtheil der Zellen enthalten. Aber daß eine

einzige Substanz so verschiedene Formen annehmen kann, ist gerade der Grund, weshalb wir diesen Theil der Naturlehre gegenwärtig noch nicht vollständig entwickeln können.

Bindemittel der Zellen.

Man hat sich lange Zeit von der Art und Weise, wie die Pflanzenzellen und andere einfache Pflanzenorgane unter einander vereinigt sind, keine Rechenschaft zu geben gewußt. Die Vorstellung einer selbstständigen Zellenbildung, man mag diese nach der von Schleiden und Schwann, oder nach der von Mirbel gegebenen Erklärung oder in irgend einer andern Weise auffassen, läßt jene Frage noch gänzlich unbeantwortet. Zwei häutige hohle Kügelchen, welche dicht neben einander liegen, hängen darum noch nicht innig zusammen und bilden noch kein Gewebe.

Außerdem ist noch ein anderer Punkt zu berücksichtigen, nämlich der, ob die Zellenwände sich unmittelbar berühren, oder ob sich eine Substanz dazwischen befindet, welche sie vereinigt und zusammenhält.

Mohl ist der Ansicht, daß die einfachen Organe sich nicht unter einander berühren, daß die Verbindung vielmehr durch eine eigenthümliche Substanz, welche er Intercellularsubstanz nennt, vermittelt wird. Es giebt bekanntlich viele Pflanzen, z. B. die Fucusarten, wo die Zellen so weit von einander entfernt liegen, daß sich ihre Wände unmöglich erreichen können; dort müßten sich daher leere Räume finden, wenn sie nicht durch irgend eine Substanz verbunden wären. Dasjenige, was sich zwischen den Zellen findet, nennt Mohl Intercellularsubstanz.

In denjenigen Pflanzen, wo die Zellen einen großen Zwischenraum zwischen sich lassen, macht jene Substanz einen großen Theil der Pflanze aus. Dieser Fall ist übrigens nicht der gewöhnliche. Es wäre demnach noch die Frage zu

entscheiden, ob nicht etwa da, wo die Zellen und Gefäße dicht an einander grenzen, die Intercellularsubstanz fehlt. Aber auch hier hat man sie bereits gefunden und zwar dadurch nachgewiesen, daß man die zwischen den Zellen befindliche Substanz mit Salpetersäure auflös'te, wobei die Zellen selbst unverändert zurückblieben.

Die chemische Natur jener Substanz und ihre Entstehungsweise ist uns übrigens noch unbekannt.

Bei den Untersuchungen, welche ich mit meinem Collegen Harting angestellt habe (s. unten), beobachteten wir häufig Spuren von Intercellularsubstanz. In dem Samen von Iris, Fig. 82, Phytelephas, Fig. 85, trennen sich die Zellen unter dem Einflusse concentrirter Schwefelsäure augenblicklich, was allein durch die Existenz eines Bindemittels, welches aufgelös't worden ist, erklärt werden kann. Dieselbe Erscheinung nahmen wir in vielen andern Fällen wahr, wie aus den Abbildungen zu ersehen ist. Aber wir können der Annahme einer allgemein verbreiteten Intercellularsubstanz nicht beipflichten; denn bei den meisten unserer Beobachtungen fanden wir dieselbe nicht.

Unter diejenigen Stoffe, welche als Intercellularsubstanz gelten können, ist die Pektose zu zählen, welche wenigstens bei jungen Zellen den Raum zwischen den Zellenwänden ausfüllt. Diese Substanz dringt zum Theil in die Zellenmembran selbst ein, zum Theil scheidet sie die Zellen, z. B. in den Knollen, und legt sich als äußerste Schicht um die Cellulose. Wir haben sie in dem Collenchym mancher Pflanzen gefunden (s. Collenchym).

Pflanzenzellen.

Die Pflanzenzellen können verschiedene Gestalten annehmen, wenn bei ihrer Ausbildung verschiedene Bedingungen obwalten. Sie sind kugelförmig, wenn keine äußere Ursachen

einwirken und die Stoffvertheilung gleichförmig ist. So findet man sie in jungen Pflanzentheilen und in dem Merenchym krautartiger Gewächse.

Wenn sie sich in großer Menge bilden und mehr und mehr ausdehnen, so drücken sie gegen einander; und sind sie von gleicher Größe, so entstehen, da eine Kugel nur mit zwölf gleichen Kugeln in Berührung sein kann, in Folge der Pression regelmäßige Zwölfecke. Solche Zellen findet man häufig, wenn auch nicht immer ganz regelmäßig geformt.

Die Zellen verändern ihre Gestalt hauptsächlich durch ungleiche Ernährung oder Ausdehnung. Die Ursache dieser ungleichen Ernährung und Ausdehnung ist unbekannt, wir beobachten nur die Endresultate derselben. Oftmals findet eine Vergrößerung nach zwei einander entgegengesetzten Richtungen Statt, so daß sie oval werden. Daraus entstehen durch Pression der einander zunächst liegenden Zellen zuerst cylindrische und endlich prismatische Formen, welche man verlängerte Zellen genannt hat.

Man findet in den Pflanzen bloß in Folge jener beiden Ursachen, der gleichen oder ungleichen Ernährung oder Ausdehnung der Zellenmenbran und des größeren oder geringern Druckes, eine große Mannigfaltigkeit entwickelt, welche sich nicht allein in der Zellenform, sondern auch in der Natur der Zellenwand und in der Form der Theile, welche aus den Zellen entstehen, ja in dem Bau der ganzen Pflanze offenbart. Eine Gleichmäßigkeit der äußern Form bei derselben Pflanzengattung läßt auf eine große Uebereinstimmung der Zellenform schließen; eine Erfahrung, worüber die Wissenschaft noch keine Rechenschaft zu geben vermag. In jungen Zellen ist die Membran homogen; man entdeckt darin wenigstens keine Structur, aber mit zunehmendem Alter zeigt sie sich meistens bedeutend verändert.

Daß man jene Homogenität nicht im schärfsten chemischen Sinne auffassen darf, liegt am Tage. Sie existirt

nur in so fern, als sich unter dem Mikroskop keine heterogenen Theile unterscheiden lassen. Im chemischen Sinne ist gewiß kein Zellenhäutchen einem andern gleich, wenn es auch absolut dieselbe Form besitzt und die nämlichen Stoffe durch seine Poren hindurchläßt.

In jungen Zellen sind nicht die Zellenwände die wirksamsten Bestandtheile der Pflanzen, noch wird durch ihre materielle Verschiedenheit ein so starker Einfluß auf die Flüssigkeiten, welche hindurchziehen, ausgeübt, daß diese dadurch eine chemische Veränderung erleiden könnten.

Im Allgemeinen hat man auch auf das Dasein einer stickstoffhaltigen Substanz in der Wand der aus Cellulose bestehenden jungen Zellen zu viel Werth gelegt. Beobachtungen, welche ich nachher mittheilen will, haben dargethan, daß in jungen Zellenmembranen oftmals keine Spur eines stickstoffhaltigen Körpers enthalten ist, aber wohl in dem Inhalte der jungen Zellen; während in den älteren Membranen sich das Verhältniß grade umkehrt *).

Daraus geht hervor, daß die Thätigkeit nicht von der Wand der jungen Zellen ausgehen kann, und daß die stickstoffhaltigen Substanzen, welche in dem Inhalte oder in der Membran junger und alter Zellen vorkommen, auch wenn beide Proteinkörper sind, nicht dieselbe Beschaffenheit haben. Die in der Wand der älteren Zellen enthaltenen Proteinverbindungen scheinen in einen Zustand geminderter Zersetzungsfähigkeit übergegangen zu sein. Wahrscheinlich bestehen sie aus coagulirtem Pflanzenalbumin, während die den Inhalt junger Zellen ausmachenden Verbindungen wegen

*) Das Wort »Zellenwand« ist hier im allgemeinen Sinne genommen und der von Mohl unterschiedene Primordialschlauch nicht mit darunter verstanden. Er bezeichnet damit eine körnige innere Bekleidung der Zellenwand, welche aus Cellulose besteht, sich in Spiritus zusammenzieht und in alten wie in jungen Zellen sehr häufig vorkommt.

ihrer auflöslichen Form als Hauptursachen des Stoffwechsels in den Pflanzen betrachtet werden müssen *).

In der Membran selbst geht daher die Production neuer Stoffe nicht vor sich; die Zellen sind hauptsächlich nur die Organe, welche den Zelleninhalt umschießen und von den umgebenden Flüssigkeiten absondern. In den unzähligen mit Flüssigkeiten der verschiedensten Art im jugendlichen Zustande gefüllten Säckchen kommt bald eine neue Substanz hinzu, bald wird eine andere abgesondert und an der Zellenwand abgelagert, oder sie bleibt in dem Inhalte der Zelle suspendirt. Die unendlich vielen kleinen hohlen Räume mit dünnen Membranen, welche zum Theil getrennt sind, zum Theil mit einander in Verbindung stehen, sind daher als eben so viele kleine chemische Werkstätten zu betrachten, worin chemische Zersetzungen vor sich gehen.

Uebrigens darf man die Zellenmembran nicht für einen ganz indifferenten, passiven Bestandtheil der jungen Zellen halten; dies würde eben so unrichtig sein, als wollte man darin die erste und letzte Quelle der Thätigkeit suchen. Sie besteht aus aktiven Theilchen, deren Thätigkeit wir zunächst in ihrer activen Entwickelungsart erkennen, ferner in der Umgestaltung und Verdickung der Wände: Formenveränderungen, welche ohne Zweifel von den Bestandtheilen des Zelleninhaltes ausgehen; aber da die Membran sie annimmt, so muß man schließen, daß letztere dabei thätig mitwirkt, d. h. auf den Zelleninhalt zurückwirkt.

Bei den Untersuchungen, welche ich mit Harting angestellt habe, betrachteten wir in der dünnen Zellenwand sehr oft eine Menge kleiner Oeffnungen, wovon nachher ausführlicher die Rede sein wird. Ich lasse in der beigefügten Note eine kurze Aufzählung der beobachteten Thatsachen folgen **).

---

*) Payen hat offenbar das Protein des Zelleninhaltes mit dem der Zellenmembran verwechselt. (s. S. 212)

**) Die Oeffnungen, welche in der aus Cellulose bestehenden Zellenwand

Die Zellen können, wenn sie sich mehr und mehr vergrößern, nicht auf dieselbe Weise ernährt werden, wie sie bei geringerer Ausdehnung durch gleichmäßige Vertheilung der Substanz Nahrung empfangen. Wenn ihre Größe gewisse Grenzen überschritten hat, so vertheilt sich die durch die Zellenwand zugeführte Substanz spiralförmig über die innere Fläche der Zellenwand. Wodurch übrigens die spiralförmige Gestalt der sich an der innern Zellenwand ausscheidenden Substanz bedingt wird, ist unbekannt und vielleicht eben so wenig zu ermitteln, als warum der Alaun die Form eines Oktaeders annimmt. Von solchen Erscheinungen kann die Wissenschaft keine Rechenschaft geben; man erkennt sie einfach als Wahrheiten an.

Jene Spiralen machen oft nur wenige Windungen, und wenn an irgend einer Stelle einige solcher Umwindungen verwachsen, so entsteht daraus in der Zellenwand ein Ring (cellulae annuliferae), oder es erzeugen sich mehrere Spiralfasern und wachsen mit der Zellenwand zusammen, um eine netzförmige äußere Hülle zu bilden (cellulae retiferae); zuweilen weichen die Spiralen an bestimmten Stellen von einander; und dehnt sich die Zelle dann nicht mehr aus, so

---

unter der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure zum Vorschein kommen, sind in den folgenden Beispielen am deutlichsten beobachtet: in den dünnwandigen Markzellen von Hoya carnosa; in den Parenchymzellen von Euphorbia caput — medusae; in einer Zelle, wo die Länge des Querschnittes 0,03777 Mm. betrug, zählte man 45 solcher Oeffnungen; in dem Mark von Asclepias Syriaca sind sie groß und oval, auch in sehr jungen Holzzellen, welche durch Jod und Schwefelsäure noch blau gefärbt wurden; in dem Parenchym von Tradiscantia virginica; in den jungen Parenchymzellen von Cicas revoluta; in den jungen Holzzellen von Clematis vitalba; in dem Ringzellen von Opuntia microdasis. In Tradiscantia betrug ihr Durchmesser zwischen 0,0005 und 0,0018 Mm, in sehr jungen noch unentwickelten Blättern von Sempervivum arborescens 0,0007 bis 0,0014 Mm. Ferner beobachteten wir sie in alten und jungen Markzellen von Clematis vitalba. In einem alten Blatte von Sempervivum waren sie eben so groß, wie in einem jungen Blatte.

Aus dem Angeführten geht hervor, daß, was S. 191 und 196 über die Oeffnungen gesagt ist, auf diejenigen Zellen, worin sie beobachtet sind, keine Anwendung findet.

verwächst die Spirale außen an jenen Stellen (cellulae porosae) *). Die Substanz, woraus die Spirale besteht, wollen wir sogleich näher betrachten.

Die Zellenhäutchen sind in jungen oder in krautartigen Gewächsen durchscheinend, meist ungefärbt, in manchen Pflanzen übrigens auch mit einem Farbstoffe durchdrungen, z. B. bei gewissen Moosen. In der Regel rührt jene Farbe von dem Zelleninhalte her, womit die Membran getränkt ist, oder welche durch dieselbe hindurchscheint. In sehr vielen Pflanzengeweben sind übrigens die Zellenwände verdickt und werden durch Substanzen, welche sich auf denselben niederschlagen oder an der inneren Seite absetzen, vergrößert und ausgefüllt. Diese die Zellenwände verdickende Substanz kann sehr verschiedener Art sein.

In manchen Zellen mit verdickten Wänden nimmt man viele aufeinanderliegende Schichten wahr, welche bei vorsichtiger Behandlung von einander abgelöst werden können.

Es giebt unter den verdickten Zellenwänden manche, welche durch Kochen mit Wasser dünner werden und sich auflösen. Man findet solche bei vielen Flechten, z. B. bei Cetraria Islandica, wo die in dem Zellenhäutchen abgesonderten amylumartigen Stoffe dieselbe verdicken, ohne die geringste Spur eines Amylumkörnchens zu bilden. $C_{12}\ H_{20}\ O_{10}$ (S. 223). Jene Moosstärke gehört also zu der inkrustirenden Substanz, es ist derjenige Stoff, welcher sekundäre Zellenhäutchen bildet. Die primäre Membran besteht in dem Isländischen Moose aus Cellulose (S. 203) **) .Andere Zellenmembranen dehnen sich beim Kochen aus, werden gallertartig und enthalten dann Pektose, wie die Aepfel u. s. w.; noch andere, wie bei Sphaerococcus crispus, enthalten Pflanzen-

*) Schleiden, wiss. Bot. I. S. 200.

**) Fromberg fand in dem nicht vollkommen mit Alkali ausgezogenen Gewebe der Moose weniger Wasserstoff als Heldt, Annalen der Chemie und Pharmacie, B. 38. S. I. (S. oben S. 203.)

schleim: $C_{24}\ H_{38}\ O_{19}$ *). Manche werden durch Behandeln mit Kali dünner und geben dann die Holzsubstanz ab, welche unter der Einwirkung des Alkalis in Ulminsäure übergeht, während die Celluloseschicht größtentheils zurückbleibt. Dies beobachtet man in allen Holzgeweben. (S. 202.)

Die Zellenmenbran ist, so weit sie aus Cellulose besteht, unauflöslich in Wasser und fast unlöslich in Alkalien; sie wird von concentrirter Schwefelsäure zersetzt; verdünnte Schwefelsäure wandelt sie beim Kochen in Dextrin um.

Ursprüngliche Zellenwand.

Die Pflanzenphysiologen haben sich vielfach mit der Untersuchung der Zellenwand der Pflanzen beschäftigt. Kützing **) fand bei den Algen, daß eine Zelle oftmals aus mehreren in einander eingeschachtelten Zellen bestand. Die gemeinschaftliche Zellenwand war daher aus so vielen Schichten zusammengesetzt, als verschiedene Zellen in einander lagen. Hartig ***) ist der Ansicht, daß die Zellenwand aus drei auf einander liegenden Häuten besteht; die innere Haut bildet sich nach ihm zuerst; die äußere umgiebt das Ganze, außer an denjenigen Stellen, wo die Zellen einander berühren; zwischen diesen beiden liegt eine viel dickere Schicht, welche die innere ganz umschließt. Wenn man eine Zelle mit Jod und darauf mit Schwefelsäure befeuchtet, so färbt sich nach ihm die äußere und innere Wand gelb, während die mittelste Schicht blau wird und stark aufschwillt oder bei Anwendung concentrirter Säure sogar ganz aufgelös't wird. Unsere Beobachtungen stimmen mit jenen Angaben Hartig's

---

*) Die Resultate der S. 244 vom Pflanzenschleim mitgetheilten Analysen müssen der Untersuchung von Schmidt zu Folge nach obiger Formel interpretirt werden. Siehe Scheik. Onderz. Deel. III.

**) Phycologia generalis.

***) Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzen. Berlin 1843.

nicht überein; denn die dünnwandigen Zellen bestehen nur aus zwei, die dickwandigen aus einer, zwei, drei oder vier Schichten.

Dieser Gegenstand ist kürzlich von Mohl *) einer näheren Prüfung unterworfen. Er fand in den einjährigen Sprossen der Bäume oder in den Stämmen einjähriger Pflanzen beständig in der Zelle eine besondere Wand, oder ein inneres, von den übrigen Theilen der Zelle leicht zu unterscheidendes Häutchen. Es ist ein dünnwandiges, ganz geschlossenes Bläschen, welches sich deutlich erkennen läßt, wenn ein solcher Pflanzentheil lange Zeit in Spiritus gelegen hat, worin es sich zusammenzieht und von der äußern Zellenwand mehr oder weniger ablös't. Es färbt sich durch Jod gelb oder braun und ist in den Mono- und Dikotyledonen, welche von Mohl untersucht worden sind, ganz allgemein. Durch Minuten lange Einwirkung von Salpetersäure oder Salzsäure, Neutralisation mit Ammoniak und Färbung mit Jod kommt es ebenfalls und zwar sehr schnell zum Vorschein.

Wenn der Zellenkern noch vorhanden ist, so liegt er nach Mohl in der so eben bezeichneten innern Membran. Die Wand derselben ist nicht vollkommen glatt, sondern feinkörnig. Sie wird durch Jod auf Zusatz von Schwefelsäure gelb gefärbt, während die übrige Zellenmenbran eine blaue Farbe annimmt. Verdünnte Schwefelsäure verändert weder ihre Form, noch lös't sie dieselbe auf.

Diese innere Zellenwand, von Mohl Primordialschlauch genannt, unterscheidet sich von dem, was Hartig innere Zellenwand, Ptychode nennt. Nach Hartig ist es die innere Wand der bereits ausgebildeten Zelle, während der Primordialschlauch von Mohl dann schon lange verschwunden sein soll. Mohl behauptet nämlich, daß — mit dem Alter der Zelle und also mit der Zunahme der ab-

*) Bot. Zeitung, 12 April 1844.

gesonderten sekundären Schichten und der Verdickung der Zellenwand — der Primordialschlauch immer dünner und allmählig ganz aufgelös't wird, indem er als eine innere sehr dünne körnige Bekleidung sich fest an die Zellenwand legt, oder indem er letztere nicht mehr als geschlossenes Häutchen, sondern wie ein Netz bedeckt, um endlich ganz aufgelös't zu werden und zu verschwinden. Harting und ich haben gefunden, daß er gerade in den dünnwandigen Zellen nicht immer fehlt, aber in den jungen Holzzellen sahen wir ihn niemals, in den ältern selten. Dagegen hängt nach Mohl das Verschwinden des Primordialschlauchs mit der Bildung sekundärer Schichten zusammen und beginnt mit dem ersten Auftreten derselben.

Aus den Versuchen Mohl's geht hervor, daß das bebesprochene innere Zellenhäutchen auf die gefundene Zusammensetzung der Cellulose von einigem Einfluß sein kann, denn daß es eine andere Substanz ist, als die äußere Zellenwand, zeigt die Reaktion mit Jod und Schwefelsäure. Aber was für ein Stoff es ist, läßt sich für jetzt nicht bestimmen.

In jeder jungen Zelle kommt nach Mohl das innere Zellenhäutchen vor, so daß seine Bildung mit der der Zelle selbst gleichzeitig Statt findet. Er glaubt, daß es durch den Kern hervorgebracht wird (S. 374), und daß es seinerseits die Bildung der eigentlichen aus Cellulose bestehenden und bleibenden Zellenmembran vermittelt; obschon er keine direkte Beobachtungen darüber mitgetheilt hat.

Payen *) spricht wiederholt von einem innern Häutchen in den Zellen, welches unter dem Einfluß von Jod und Schwefelsäure nicht wie die Cellulose, blau oder violet, sondern gelb wird, er schreibt das Gelbwerden dem Vorhandensein einer stickstoffhaltigen Substanz zu. Er bildet Fig. 10,

*) Mémoires sur les développements des végétaux. p 211.

T. 1, den Durchschnitt eines Saamenlappens von Leinsaamen ab und Fig. 1 einen Durchschnitt der Zellen von Aeschynomene paludosa, wo jene Membran netzförmig ist. Es scheint dieselbe zu sein, welche Mohl mit dem Namen Primordialschlauch bezeichnet. Man sieht sie sehr deutlich in Aloe lingua, Fig. 8, in den Markzellen von Tilia parvifolia, Fig. 24, (weiter unten) den Beobachtungen zufolge, welche ich mit Hartig angestellt habe, ferner in Fig. 11, 16, 18 und vielen andern Fällen.

Was die bleibende Zellenwand betrifft, so muß man nach Mohl zwei Theile derselben unterscheiden, von denen nach seiner Ansicht *) der äußere der älteste ist. Viele vollkommen homogen scheinende Zellenmembranen sind nach ihm nicht homogen, denn man erkennt deutlich mehrere Schichten, wenn man sie mit Schwefelsäure, Salpetersäure oder Salzsäure befeuchtet. Bei weichen Zellen muß man nach Mohl's Vorschrift die beiden letzten Säuren, bei festeren Zellen Schwefelsäure anwenden. Die blaue Farbe, welche Jod unter Mitwirkung von Schwefelsäure darin hervorbringt, hält Mohl für abhängig von dem durch die Säure aus der Substanz der Zellenwand erzeugten Zersetzungsproducte und rührt nicht, wie Hartig glaubt, von der Einwirkung des Jods auf die Substanz an und für sich her.

Da nun die äußerste Zellenwand, woran die sekundären Schichten liegen, nach Mohl die älteste sein muß, so glaubt er auch hierin die Beobachtungen von Hartig widerlegt zu haben. Daß die sekundären Schichten wirklich sekundär sind, glaubt er um so mehr, weil sie sich bei manchen Pflanzen nicht über die ganze Zellenwand erstrecken, sondern nur gewisse Stellen derselben bedecken, z. B. bei Scotia. Sie sind demnach durch bestimmte thätig wirksame Punkte der Zellenwand entstanden, an Stellen, wo eine ähnliche Apposition gedacht werden kann,

*) Bot. Zeitung, 26. Apr. 1844.

als bei der Krystallisation Statt findet, wo homogene Theilchen sich in bestimmter Richtung an einander reihen.

Was die Natur der Substanz anlangt, woraus der utriculus internus (so wollen wir ihn nennen, um uns jeder Entscheidung über seine Entstehung zu enthalten) besteht, so wird sie in den Mark- und Bastzellen (schorscellen) der jungen Internodien des Stengels von Phytolacca decandra durch Salpetersäure gelb gefärbt, nachdem sie sich von der innern Fläche der Zelle abgelös't und zu einem kleinern Volumen contrahirt hat. Bei dieser Absonderung der utriculi interni treten zugleich die Kerne sehr deutlich hervor, deren in manchen Zellen zwei oder drei gefunden werden, während in denjenigen Zellen, wo Zellenvermehrung durch Theilung Statt findet (S. 384), kein Kern zu erkennen ist.

Der utriculus internus ist eben so wie die Kerne in Salpetersäure nicht allein unauflöslich, sondern er wird durch jene und andere Säuren, auch durch Alkohol, contrahirt. Deutlicher als durch Schwefelsäure und Salzsäure wird diese Veränderung durch Salpetersäure und Alkohol hervorgerufen. Daß er, während die Zellenkerne ungefärbt bleiben, durch Einwirkung von Salpetersäure gelb gefärbt wird, besonders wenn man nachher Ammoniak hinzufügt, beweis't, daß er als nachweisbaren Bestandtheil Protein enthält, was freilich nicht immer der Fall ist. (Siehe Aloe lingua Fig. 8.) Die Färbung durch Salpetersäure in Phytolacca ist übrigens nicht der Art, daß Protein den Hauptbestandtheil ausmachen kann; er enthält von Cellulose keine Spur; denn Jod und Schwefelsäure bringen keine blaue Färbung hervor, welche Reaktion ein sicheres Kennzeichen für die Gegenwart von Cellulose ist.

Während wir also die Beobachtungen von Mohl über die Existenz eines utriculus internus vollkommen bestätigt gefunden haben, eines Häutchens, welches sich unter der Einwirkung der genannten Stoffe inwendig von der Zellenwand ablös't und zusammenzieht und dabei den ganzen Inhalt der

Zelle mitnimmt, ist es uns nicht geglückt zu bestimmen — außer in Phytolacca und jungen Agave, wo wir den Kern in dem utriculus gefunden zu haben glauben — worin der Kern enthalten ist, ob in den utriculus internus, oder in dem übrigen Theile der Zellenwand; wir haben den utriculus in sehr alten Zellen vollkommen erhalten gesehen; ein Grund, warum wir ihn nicht primordialis genannt haben. Wir trafen ihn in dick- und dünnwandigen, in den inkrustirten und nicht inkrustirten Zellen an, so daß wir im Zweifel sind, ob die innere Schicht wirklich die Bedeutung hat, welche ihr Mohl zuerkennt. Sie enthält in manchen Fällen stickstoffhaltige Stoffe, in andern Fällen keine Spur davon. Ihre Funktion ist daher noch nicht mit der gehörigen Schärfe bestimmt, eben so wenig als die Substanz, woraus sie besteht. (Harting und M.)

Zellenwand aus Cellulose bestehend.

Schleiden hat (Pogg. Annalen, Bd. 42) auf eine Eigenschaft junger Zellenmembranen aufmerksam gemacht, welche später von Liebig (Ann. der Chemie und Pharmacie, Juni 1842, S. 305) näher untersucht worden ist. Wenn nämlich auf junge, mit Jodlösung getränkte Zellenmembranen Schwefelsäure (3 Theile mit 1 Th. Wasser verdünnt) eine halbe Minute lang einwirkt, so entsteht eine der Jodstärke ganz ähnliche blaue Verbindung, was vermuthen läßt, daß die Zellenmembran sich unter dem Einflusse von Schwefelsäure in Amylum verwandelt.

Jene Reaktion verdient in mehr als einer Hinsicht die allgemeine Beachtung. Sie giebt uns ein Mittel an die Hand, um bei mikroskopischen Untersuchungen der Pflanzenorgane die Zellenmembran da zu entdecken, wo wir sie auf anderem Wege nicht würden nachweisen können. Aber auch aus einem chemischen Gesichtpunkte aufgefaßt, ist Schleidens Entdeckung sehr wichtig.

Die Chemiker sind gegenwärtig noch nicht einig, wie Amylum und Jod mit einander verbunden sind. Ein gewöhnliches Aequivalentverhältniß scheint zwischen beiden nicht zu bestehen (S. 218). Aber daß Amylum durch Jod auf dieselbe Weise gefärbt wird, wie Baumwolle oder Leinen durch den Krappfarbstoff, ist deshalb nicht anzunehmen, weil sehr viele Stoffe organischer Natur Jod aufnehmen und sich braun damit färben, aber niemals die dem Jodamylum eigenthümliche Farbe erhalten. Auch hat fein vertheiltes Jod eine ganz andere Farbe, als das Dunkelblau der reinen Jodamylumverbindung. Endlich erwäge man, daß trocknes Amylum und verdünnte Stärkelösung beide dieselbe blaue Farbe durch Jod annehmen.

Es sind mir nur zwei Körper bekannt, welche durch Jod blau gefärbt werden*); nämlich Amylum und das junge Pflanzengewebe, wenn es der Einwirkung von Schwefelsäure ausgesetzt ist. Isländisches Moos enthält bekanntlich (Bulletin 1838 p. 42) Amylum, und seine Gallerte schließt sich daher dem eigentlichen Amylum an, da ein Theil derselben, in Wasser vertheilt, durch Jod blau, ein andrer Theil braun wird.

Besondere Erwägung verdient die von Liebig (S. 308 a. a. O.) mitgetheilte Beobachtung.

Wenn man Baumwolle, Papier und andere aus Cellulose bestehende Stoffe — nicht Holz, wie wir später sehen werden — mit dem zweiten Hydrat der Schwefelsäure übergießt und schnell umrührt, so entsteht eine durchscheinende Gallerte, welche beim Verdünnen mit Wasser einen weißen flockigen Niederschlag absetzt, den man abfiltirt und mit Wasser auswäscht, bis das Waschwasser nicht mehr sauer reagirt.

Baumwolle mit ein wenig verdünnter Jodtinktur befeuchtet und getrocknet, und auf dieselbe Weise mit Schwefelsäure behandelt, färbt sich in dem Augenblicke dunkelviolet, wo sie mit Schwefelsäure in Berührung kommt. Wenn man

*) Die Seite 212 erwähnten Gewebe glaube ich jetzt für Amylum gebende Gewebe halten zu müssen.

diese gallertartige Materie mit Wasser übergießt, so entsteht ein dunkelblauer Niederschlag, von welchem bei der Filtration eine braune durchsichtige Flüssigkeit abläuft. Die dunkelblaue Farbe wird beim Auswaschen heller, und man behält zuletzt eine ganz farblose jodfreie Substanz auf dem Filter übrig.

Die Verbindung, welche man auf die erst angegebene Weise erhält, wenn man Baumwolle mit Schwefelsäure übergießt und darauf mit Wasser auswäscht, wird nachher nicht mehr durch Jodtinktur gefärbt. Sie kann daher kein Amylum sein. Versetzt man sie aber zuvor wieder mit Schwefelsäure und fügt dann Jodtinktur hinzu, so färbt sie sich blau, grade wie die mit Jod befeuchtete getrocknete und darauf mit Schwefelsäure behandelte Baumwolle. Durch Wasser wird sie auch hier mit blauer Farbe gefällt und bei fortgesetztem Auswaschen wieder entfärbt; durch zweites Schwefelsäurehydrat wird sie gallertartig, wie zu Anfang; mit concentrirter Schwefelsäure, z. B. mit dem ersten Hydrat behandelt, geht sie in einen in Wasser auflöslichen Zustand über und verliert dann die Eigenschaft, durch Jod ferner blau gefärbt zu werden.

Um zu entscheiden, ob jene blaue Verbindung nur ein Gemenge von fein vertheiltem präcipitirten Jod und einem mehr oder weniger gallertartigen Körper sei, wurde eine Lösung von essigsaurer Thonerde mit Jodtinktur im Uebermaaß vermischt und ein wenig kohlensaures Ammoniak hinzugefügt; der Niederschlag, welcher hier bei Gegenwart von überschüssigem Jod entstand, war nicht blau.

Ferner wurde Wasserglas mit Jodtinktur versetzt und ein wenig Salzsäure hinzugefügt. Die abgeschiedene gallertartige Kieselerde war ebenfalls nicht blau.

Diese Versuche in Verbindung mit den obigen Thatsachen rechtfertigen die Ansicht, daß der Färbung des Amylums durch Jod eine andere Ursache zu Grunde liegt, als

die feine Vertheilung des letzteren. Um zu diesem Schlusse zu gelangen, würde es überhaupt nur nöthig sein, unter dem Mikroskop ein Amylumkörnchen mit Jod zu befeuchten und daneben andere ebenfalls poröse, durch Jod sich bräunende Körper, deren das Thier- und Pflanzenreich so viele darbietet, zu beobachten.

Ich kann also die von Liebig ausgesprochene Ansicht (Geiger's Handbuch der Pharmacie, S. 12. 55) nicht theilen. Eine ähnliche Ursache, welche die Färbung des Amylums durch Jod bewirkt, muß auch die Färbung der jungen Zellenhäutchen unter dem Einflusse von Schwefelsäure veranlassen.

Ob die Substanz der jungen Zellenmembran durch Einwirkung verdünnter Schwefelsäure sich in Amylum verwandelt, möchte schwer zu entscheiden sein; denn die Reaktion tritt nicht mehr ein, nachdem die Säure ausgewaschen ist, während sowohl körniges als gallertartiges Amylum die Eigenschaft, durch Jod gefärbt zu werden, besitzt. Sie ist also nach dem Auswaschen mit Wasser kein Amylum mehr.

Es ist nun die Frage, ob sie aus Amylum besteht, so lange sie mit Schwefelsäure verbunden ist. Die mitgetheilten Thatsachen scheinen diese Frage zu bejahen. Erwägen wir nämlich, daß Jodtinktur für sich junge Zellenmembranen nicht blau färbt; daß auch auf Zusatz von Wasser die blaue Farbe nicht entsteht; daß ferner verdünnte Schwefelsäure dieselbe eben so wenig hervorruft, sondern daß allein eine concentrirtere Säure sie erzeugt, und daß sie durch Einwirkung des ersten Schwefelsäurehydrats sogleich verschwindet; und erinnern wir uns endlich, daß die Schwefelsäure auch Amylum in Dextrin umwandelt, so scheinen wenigstens Gründe vorhanden zu sein, die es wahrscheinlich machen, daß die Zellenmembranen, welche sich durch Jod und Schwefelsäure blau färben, für diesen Augenblick wirklich in Amylum verwandelt sind, mit andern Worten, daß die orga-

nische Substanz, so lange sie mit Schwefelsäure verbunden ist, wirklich aus Amylum besteht, d. h. daß die Cellulose unter dem Einflusse der Schwefelsäure an diese das halbe Aequivalent Wass[illegible], welches sie mehr [illegible] enthält als Amylum ($C_{[illegible]} H_{[illegible]} O_{21} = 2$ [illegible] $H_{20} O_{10} + H_2 O$), abgiebt, und daß, [illegible] Wasser hinzugefügt wird, die veränderte Cellulose [illegible]wefelsäure verläßt und sich wieder mit dem halben Aequivalent Wasser [illegible]t, um die ursprüngliche Substa[illegible] wiederherzustellen, [illegible]enigstens eine Verbindung zu liefern, welche mit der Cellulose gleiche Zusammensetzung hat.

Diese Vorstellung wird noch dadurch unterstützt, daß weder Salpetersäure noch Salzsäure jene Einwirkung auf die Zellenmembranen ausübt, während eine concentrirte syrupdicke Auflösung von Phosphorsäure wie das zweite Hydrat der Schwefelsäure wirkt.

Um jener Ansicht noch mehr Gewicht zu verschaffen, stellten wir folgende Versuche an, welche indessen zu keinem sichern Resultate geführt haben. Ein wenig Baumwolle, in zweites Schwefelsäurehydrat so lange eingetaucht, bis sie eine gallertartige Beschaffenheit erhalten und also die erwähnte Veränderung erlitten hatte, wurde in absoluten Alkohol gebracht, damit ausgewaschen und so von Schwefelsäure befreit, ohne mit der feuchten atmosphärischen Luft in Berührung gekommen zu sein. Auf die nämliche Weise wurde Kartoffelnstärke behandelt. Hierauf brachte Jodtinktur bei der Baumwolle keine Färbung hervor, färbte aber die Stärke sogleich intensiv blau.

Im obigen Falle hätten übrigens die Stoffe das an die Schwefelsäure abgegebene Wasser wieder aufnehmen können, ungeachtet der Alkohol ganz absolut war. Denn die Schwefelsäure enthielt zwei Aequivalente Wasser, also genug, um beim Verdünnen mit Alkohol die Hälfte davon zu verlieren.

Baumwolle wurde ferner mit Schwefelsäure in eine gallertartige Masse verwandelt und die Säure darauf mit

gepulvertem Aetzkalk neutralisirt; auch dieser Versuch gab ein verneinendes Resultat: denn weder das Wasser, womit die Masse ausgewaschen war, noch der unlösliche Rückstand wurde durch Jodtinktur gefärbt, nachdem zuvor der Kalk mit einer Säure neutralisirt war. Es ist also nicht gelungen, Baumwolle nach der Trennung von der Säure in dem Zustande zu erhalten, wo es durch Jod blau gefärbt wird, und wenn sie, so lange sie mit Schwefelsäure in Berührung ist, wirklich aus Amylum besteht, so hängt dies offenbar von der Säure ab, welche die Cellulose-Moleküle vorübergehend zu Amylum umsetzt.

Was nun die Zusammensetzung der unveränderten Baumwolle I. und der mit Jod, unter dem Einflusse von Schwefelsäure erhaltenen, mit Wasser ausgewaschenen und mit Alkohol ausgezogenen, farblosen, pulvrigen Substanz II. betrifft, so ist dieselbe folgende:

I. Baumwolle mit Alkohol ausgezogen

C	44,91
H	6,40
O	48,69

II. Baumwolle, welche mit Jod und Schwefelsäure behandelt gewesen ist:

C	44,30	44,46
H	6,20	6,19
O	49,50	49,34 *)

Beide haben also genau dieselbe Zusammensetzung, und da auch alle Eigenschaften derselben übereinstimmen, so darf man annehmen, daß nach der Einwirkung der Schwefelsäure die Cellulose durch Wasser wieder hergestellt wird.

Wirkt die Schwefelsäure auf Pflanzentheile, welche aus reiner Cellulose bestehen, länger ein, oder wird concen-

*) Die einzelnen Data dieser und aller in diesem Abschnitte vorkommenden Analysen findet man in den Scheik. Onderz. Deel III.

trirte Säure angewandt, so entsteht Dextrin. Diese Eigenschaft macht die Gründe, welche für eine temporäre Veränderung der Cellulose in Amylum sprechen, so lange sie der Einwirkung von Schwefelsäure oder Phosphorsäure ausgesetzt ist, noch wahrscheinlicher. Cellulose und Amylum entstehen bekanntlich in der Pflanze aus Dextrin (S. 206). Da nun concentrirte Schwefelsäure sowohl Amylum als Cellulose wieder in Dextrin umwandelt, so ist die Annahme, daß weniger concentrirte Schwefelsäure Cellulose in Amylum verwandelt, jedenfalls nicht ungereimt.

In keinem Falle ist die blaue Färbung bloß der feinen Vertheilung des Jods zuzuschreiben, sie ist vielmehr ein so charakteristisches Kennzeichen der Cellulose, daß wir kaum ein feineres Reagens auf chemische Stoffe kennen. Jod und Schwefelsäure sind daher bei Untersuchungen im Gebiete der Pflanzenorganographie und Organogenie unentbehrlich und nicht hoch genug zu schätzen. Man werfe nur einen Blick auf Fig. 1, B, wo der Querdurchschnitt eines Internodiums von Hoya carnosa abgebildet ist, und bemerke, wie verschieden sich alle Theile unter dem gleichzeitigen Einflusse der beiden nämlichen Reagentien, nämlich gegen Jod und zweites Schwefelsäurehydrat, verhalten.

Die aus Cellulose bestehenden Pflanzengewebe, d. h. die nicht verdickten Pflanzenorgane, Parenchymzellen ꝛc. mit Jodtinktur befeuchtet, getrocknet und darauf mit zweitem Schwefelsäurehydrat benetzt, färben sich immer schön blau. Nach einiger Zeit entfärbt sich gewöhnlich das Gewebe, was besonders dann geschieht, wenn die Schwefelsäure dasselbe aufzulösen und in Dextrin zu verwandeln beginnt. Das erste Hydrat der Schwefelsäure erzeugt deshalb die blaue Färbung jener Gewebe nur für einen Augenblick, oder selbst gar nicht. Diese beruht daher unmöglich auf einer bloßen Präcipitation von Jod, sondern auf einer wahren

Verbindung desselben mit einer neuen Substanz, welche unter dem Einflusse von Schwefelsäure entsteht.

Nicht alle Pflanzengewebe erleiden jene Färbung, wie sich aus den weiter unten mitgetheilten Versuchen zur Genüge ergeben wird. Ich muß hier übrigens noch bemerken, daß wir uns stets einer schwachen Jodtinktur bedient haben, die Körper ein- oder mehreremale damit befeuchteten und darauf an der Luft trockneten, so daß sie von Jod vollkommen durchdrungen waren, und zuletzt zweites Schwefelsäurehydrat darauf tröpfelten oder concentrirtere Säure, wo dies besonders bemerkt ist.

Wenn man den Gegenstand nicht zuvor trocknet, sondern ihn noch feucht der Behandlung mit Schwefelsäure unterwirft, so erhält man einen krystallinischen Niederschlag von Jod, wodurch die Reaction undeutlich wird.

Die Reaction mit Jod und Schwefelsäure ist für Pflanzengewebe so charakteristisch und allgemein, daß wir noch einen Augenblick dabei verweilen müssen. Sie erscheint nicht nur in allen jungen Zellenmembranen, sondern auch in vielen ältern, in den Collenchym- und Merenchymgeweben in allen unverdickten Markzellen, und ist daher ein ausgezeichnetes Mittel, um Cellulose aufzufinden. Selbst Cellulose, worauf bei ihrer Darstellung und Reinigung schon kräftige Agentien eingewirkt hatten, zeigte noch immer jene Färbung, z. B. Flachs, welcher der Einwirkung von Chlor ausgesetzt gewesen war, Samen von Phytelephas, auf dieselbe Weise behandelt, von Cocos nucifera mit concentrirter Kalilauge und Chlor behandelt, von Cocos lapidea zweimal mit concentrirtem Kali und Chlor behandelt (Stoffe, welche von Baumhauer untersucht hat, Scheikundige Onderzoekingen D. II). Auch da, wo man es nicht mit reiner Cellulose zu thun hat, wie bei der Untersuchung der inneren Schichten der Bastfaserzellen oder bei den Spiralen der Spiralzellen rc., sind Jod und Schwefelsäure von großem Werthe um so mehr als alle andern Reactionsmittel, die wir ge-

prüft haben, hinsichtlich der Schärfe ihnen bei weitem nachstehen; wir haben deshalb auch vielfach Gebrauch davon gemacht.

Gehen wir nun zu einer speciellern Betrachtung der verschiedenen Zellenschichten und derjenigen Stoffe über, woraus sie zu bestehen scheinen. Ich bitte hier um ganz besondere Nachsicht der Leser, da dies ein erster Versuch in diesem Theile der Wissenschaft ist, und ich nothwendig eine Reihe von besondern Reactionen anführen muß, um die noch zu isolirt stehenden Thatsachen in einem Zweige der Naturwissenschaft zu veranschaulichen, wo sie sich noch nicht, wie in andern Zweigen derselben, gehörig geordnet, unter allgemeine Gesichtspunkte bringen lassen. —

Die runden Merenchymzellen in jungen Blättern von Agave americana schwellen in concentrirter Salpetersäure stark auf. Verdünnte Salpetersäure (1 Th. Wasser auf 1 Th. Säure) bringt die Zellenkerne zum Vorschein, die übrigens auch ohne Salpetersäure (Fig. 10) sichtbar sind. In sehr jungen Zellen sieht man den utriculus internus deutlich mit dem Kerne in der Wand desselben: in manchen findet man selbst zwei Kerne.

Concentrirte Schwefelsäure löſt die runden Merenchymzellen leicht auf; Schwefelsäure (4 Th. Säure mit 1 Th. Wasser verdünnt) färbt die Wände der zuvor mit Jod getränkten Zellen blau (Fig. 69), den Inhalt braun. —

Aus diesem Verhalten geht hervor, daß die runden Merenchymzellen bloß aus Cellulose bestehen. Die Einwirkung der Salpetersäure, welche weder in der Zellenwand noch in den Kernen eine merkbare Färbung hervorbringt, zeigt die Abwesenheit jeder Proteinverbindung; höchstens ist eine so geringe Menge davon vorhanden, daß sich die daraus gebildete Xanthoproteinsäure nicht mehr nachweisen läßt. Ammoniak, nach der Einwirkung der Salpetersäure im Uebermaaß hinzugesetzt, bringt auch keine gelbe Färbung hervor, so daß

man mit Sicherheit auf die Abwesenheit wahrnehmbarer Spuren von Protein in jener Zellenwand schließen kann *).

Die ovalen Parenchymzellen von Aloe lingua werden von concentrirter Schwefelsäure sogleich aufgelös't **). Salpetersäure läßt den utriculus internus (Fig. 8) deutlich als ein gelbes körniges Häutchen unterscheiden, während die äußerste Zellenwand unverändert bleibt. Von Kernen ist keine Spur zu sehen ***). Nach Zusatz von überschüssigem Ammoniak ist in dem utriculus internus eben so wenig, wie in der äußersten Zellenwand eine Veränderung wahrzunehmen †).

Jod und Schwefelsäure färben die Parenchymzellen blau und lösen sie mit Leichtigkeit auf. Concentrirte Posphorsäure (zur Syrupconsistenz abgedampft) lös't sie, ebenso wie concentrirte Schwefelsäure sehr schnell auf ††).

Königswasser übt keine merkbare Einwirkung auf die Parenchymzellen aus †††); der utriculus internus kommt dadurch aber deutlich zum Vorschein; ebenso durch concentrirte Salzsäure und verdünnte Schwefelsäure. Er unterscheidet sich also wesentlich von der äußeren Zellenwand, welche auch hier ohne eine merkbare Beimengung bloß aus Cellulose zu bestehen scheint. Der utriculus internus wird durch Alkohol, Salzsäure, Salpetersäure, Königswasser und verdünnte Schwefelsäure contrahirt; da er übrigens durch Salpetersäure und

---

*) Nach 48stündiger Einwirkung von Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) wird Alles durch Zusatz von Ammoniak entfärbt, und es treten die Kerne deutlich hervor, welche also bei jener Behandlung keine Veränderung erlitten haben.

Durch Brom kommt der utriculus internus in sehr alten Agave nach einigen Stunden sehr deutlich zum Vorschein. (Hartig und M.)

**) Und das darin enthaltene Chlorophyll färbt sich blau.

***) Hier und da liegen in den Zellen nahe bei den Gefäßbündeln große runde gelbgefärbte Körper, Fig. 8 c., mit scharf begrenztem Rande und von körniger Beschaffenheit (Harzkügelchen?).

†) Die runden Körperchen wurden brauner.

††) Die Chlorophyllkörper wurden blaugrün und aufgelös't.

†††) Außer auf das Chlorophyll, dessen Körner viel kleiner werden.

Ammoniak nicht gelb oder orange gefärbt wird, so ist an die Gegenwart einer Proteinverbindung in demselben eben so wenig zu denken, als in der äußersten Zellenwand.

Man kann nicht sagen, daß jener utriculus in alten Zellen verschwindet, weil er, wenigstens in Aloe lingua, in der Spitze eines alten Blattes in seiner vollkommenen Entwickelung überall gefunden wird, und also hier eine bleibende Zellenmembran ist, wie dies bereits Mohl beobachtet hat.

In den jungen, noch nicht entfalteten Blättern bringen Jod und verdünnte Schwefelsäure keine Veränderung der Zellenwand und der Kerne hervor. Aber nach Zusatz von concentrirter Schwefelsäure färben sich auch diese Parenchymzellen blau. Dieselbe Veränderung bringt concentrirte Phosphorsäure nach Zusatz von Jod, oder umgekehrt, in ten Blättern hervor. Phosphorsäure und Schwefelsäure haben also beide die Fähigkeit, die Cellulose in Amyloid zu verwandeln. (Harting und M.)

Eckige Parenchymzellen von Cicas revoluta an der Basis eines jungen Blattstiels zeigen auf ihrem Querdurchschnitt eine merkwürdige Verschiedenheit der Substanzen, woraus die Wand besteht. Die großen Kerne, die darin gefunden werden, färben sich durch Jod zuerst gelb, während die dicken Wände durch Zusatz von verdünnter Schwefelsäure blau werden, mit dreieckigen Zwischenräumen. Ferner sieht man in der Wand blaue Stellen, welche bald dunkler, bald heller erscheinen, und den äußersten Rand viel heller gefärbt, als den inneren derselben Wand. Fig. 27 a a. Eine dünne gelbe Wand (utriculus internus) legt sich auf der inneren Seite an jene an. Fig. 27 b. *)

Außer Cellulose findet sich also in dem eckigen Paren-

*) Die Membranen der inkrustirten Zellen haben große Oeffnungen und eine braune äußere und blaue innere Wand, deren Farben durch die Oeffnungen hindurchscheinen. (Harting und M.)

chym noch eine andere Substanz, welche unter dem Einflusse der genannten Agentien nicht in Amyloid verwandelt wird. Sie widersteht der Einwirkung concentrirter Schwefelsäure, ohne dadurch gefärbt zu werden, und obgleich wir ihre chemische Natur noch nicht näher bestimmt haben, so ist sie jedenfalls nicht Cellulose noch die eigentliche Holzsubstanz. Sie kann Pectose sein.

Das strahlige oder sternfömige Parenchym erscheint in den Luftbehältern des Blattstiels von Musa paradisiaca und gehört zu denjenigen Geweben, welche fast aus reiner Cellulose bestehen (Fig. 9, A und B). Concentrirte Salpetersäure färbt dasselbe nicht, aber es schwillt darin ein wenig auf *)

Die Zellenwand selbst des sternförmigen Parenchyms von Musa, wenn sie der Einwirkung von Salpetersäure ausgesetzt gewesen ist und darauf mit einem Ueberschuß von Ammoniak behandelt wird, nimmt eine hochgelbe Färbung an und ist also nicht ganz frei von Protein. — Jod und Schwefelsäure färben die Zellenmembranen blau. (Fig. 9, A.) Die etwas hellere blaue Farbe und der Umstand, daß sie in Salpetersäure aufschwellen, beweisen, daß, obgleich Cellulose der Hauptbestandtheil derselben ist, eine andere unter dem

---

*) Hier und da zeigen sich in dem Inhalte der Zellen, B 1, aa, dicke gelbe sternförmige Körper, welche durch überschüssiges Ammoniak hoch gelb orangefarben werden, und also — da sie in dem unveränderten Gewebe unsichtbar, also ungefärbt sind — aus einer coagulirten eiweißartigen Substanz zu bestehen scheinen, in der That eine merkwürdige Thatsache, die bis jetzt noch ganz isolirt dasteht. Ueberall wo wir in dem Parenchym der Pflanzen Protein gefunden haben, war es ein Bestandtheil der verdickten Zellenwand, oder im aufgelös'ten Zustande in den Säften enthalten. Die orangefarbenen, körnigen, sternförmigen Körper werden, wenn sie einige Zeit in Ammoniak gelegen haben, zu einer gelben Flüssigkeit aufgelös't, welche sich durch die Zellen vertheilt. Kali nach vorhergegangener Einwirkung von Salpetersäure bringt dieselbe Erscheinung hervor; es hat sich also hier xanthoproteinsaures Kali gebildet. Diese Proteinsubstanz ist in den utriculi interni enthalten und wird davon genau eingeschlossen. Dies beweis't, daß die utriculi interni im jugendlichen Alter mit der Zellenwand genau zusammenhängen.

Einflusse der genannten Agentien ungefärbt bleibende Substanz, vermuthlich Pectose, damit gemengt ist *). Der Reichthum des Zelleninhaltes an coagulirtem Eiweiß erklärt das Vorkommen des Proteins in der Zellenwand. Die Wand ist bloß davon durchdrungen, und zwar immer nur von Spuren desselben. (Harting und M.)

Spiralgefäße.

Wir können einer allgemeinen Eigenschaft der Pflanzenzellen nicht genug unsere Aufmerksamkeit zuwenden, der nämlich, daß an den Wänden der ausgebildeten Membran Stoffe in spiralförmiger Richtung abgelagert werden. Die Ursache dieser Erscheinung ist unbekannt, aber die Thatsache steht fest. Sie hat zu einer Reihe der merkwürdigsten Verhältnisse im Gebiete der Entwickelungslehre der meisten Pflanzenorgane und Gewebe den Schlüssel geliefert und verdient deshalb hier näher betrachtet zu werden.

Man findet in jungen Zellen außer dem utriculus internus Nichts, als ein denselben umgebendes Cellulose-Zellenhäutchen. In vielen andern Zellen sieht man eine spiralförmige feste Substanz als dünne Schicht an der inneren Seite der Zellenwand sich hinaufwinden. Denkt man sich

---

*) Auch die aus reiner Cellulose bestehenden Zellenmembranen schwellen in Salpetersäure, wie in Salzsäure und andern Säuren auf. Daraus ließe sich also kein Beweis für das Vorhandensein von Pectaten entnehmen. Aber die Ausdehnung war hier weit stärker, als bei bloßer Cellulose. Knollen, welche beim Auskochen mit kohlensaurem Natron keine Pectinsäure mehr abgaben, schwollen durch Einwirkung von Salpetersäure und Salzsäure noch stark auf. Man vergleiche die Artikel: Pectinsäure und Xyloidin in Scheik. Onderz. Deel III.

Am obigen Orte ist zugleich bewiesen, daß die Pectinsäure nicht Bestandtheil der Zellenwände ist, und daß auch keine pectinige Säure besteht, wie Chodnew gefunden zu haben glaubt; ferner daß Pectin eine Verbindung von Dextrin und Parapectinsäure ist. Ich erwähne dieser neueren Untersuchung auch deshalb, weil sie zur Erläuterung des bereits S. 244 darüber Angeführten dient.

mehrere Zellen durch eine gemeinschaftliche Achse verbunden, so läßt sich die Spirale von der einen Zelle bis in die andere darüber liegende, und von der zweiten bis in die dritte u. s. w. verfolgen. Wenn sich die spiralförmig abgelagerte Substanz in größerer Menge anhäuft, so wird die Zelle vergrößert; das Zellenhäutchen dehnt sich und verschwindet nach und nach an der Stelle, wo die Zellen aneinandergrenzen. So entsteht an der Berührungsfläche der durch eine Achse verbundenen Zellen eine Oeffnung und ein fortlaufender Canal, welcher eine Reihe von Zellen in unmittelbare Verbindung setzt. Die Absonderung neuer Substanz aus dem Zelleninhalte findet nur in der Richtung der Spirale Statt, während die Verdünnung der ursprünglichen Zellenmembran an der Vereinigungsstelle der Zellen fortwährend zunimmt. Dadurch erweitert sich die Oeffnung und erreicht endlich das Maximum der Größe, d. h. es entsteht ein ununterbrochener cylindrischer Canal, aus mehreren zu einem Ganzen verbundenen Zellen gebildet, welche in ihrem Innern mit einem einfachen spiralförmig gewundenen Faden bedeckt sind.

Diese in den Pflanzen in großer Menge vorkommenden kleinen Canäle nennt man Spiralgefäße. Sie bestehen nicht bloß aus der das ursprüngliche Zellenhäutchen bildenden Substanz, sondern zugleich mit dieser noch aus einer andern daran abgelagerten Verbindung.

Die Spiralfaser selbst ist nicht, wie Manche sich vorstellen, hohl, sondern massiv, und hat bald eine cylindrische Gestalt, bald zeigt sie sich auf ihrer Durchschnittsfläche elliptisch oder viereckig. Sie ist rein weiß. Ihre Windungen liegen bisweilen so dicht auf einander, daß dadurch eine Röhre entsteht, welche in nicht zu jungen noch zu alten Spiralgefäßen korkzieherförmig ausgezogen werden kann. Am häufigsten kommt die links gewundene Spirale vor *).

*) Ob die Spirale aus zwei Schichten besteht, nämlich aus einer innern und

Nicht immer liegen indessen die Windungen so dicht auf einander, oft entfernen sie sich auf bedeutende Abstände; bald sind mehrere zu einem Ganzen verbunden, welche bei dem Abrollen der Spirale viel fester vereinigt bleiben, als andere neben einander liegende Fasern, und bilden alsdann ein Band von vier, sechs oder mehr fest zusammenhängenden Faden; endlich sieht man bisweilen auch mehrere Schichten von Spiralfasern sich neben einander aufwinden, so daß die Röhre aus mehreren neben einander fortlaufenden Faden besteht, deren Anzahl sich mitunter auf zwanzig beläuft.

Die Spiralfibern der Spiralgefäße unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Zusammensetzung nicht von der Substanz der Gefäßwindungen, so lange die Spirale noch jung ist; mit zunehmendem Alter tritt indessen eine wesentliche Verschiedenheit ein. Bei Agave americana, Fig. 50, färbte sich die Spiralfiber der ausgewachsenen Blätter unmittelbar nach der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) rein blau wie die Zellenwand und dehnte sich dabei bedeutend aus. Aus einem alten Theile eines alten Blattes wurde nur eine Spirale blau, die anderen gallegrün, Fig. 51, zum Beweise, daß wenigstens zwei Substanzen vorhanden sind, eine, welche sich bläut, und eine zweite, welche die dem Jod eigenthümliche gelbbraune Farbe behält. Letztere dehnten sich auch viel weniger aus, als die jungen Spiralen. Concentrirtere Schwefelsäure färbt die älteren zwar blauer, aber immer behalten sie einen grünlichen Schein. Dasselbe beobachtet man bei den Spiralen von Musa paradisiaca, welche aus einem Bande von fünf Faden mit schrägen gezahnten Streifen bestehen. Sie werden durch

---

einer äußeren, die erste umschließenden Schicht, und ob sie durch Kali in zwei Stoffe zerlegt wird, wovon der eine Amylum ist, der andere durch Jod gelb gefärbt wird (Endlicher und Unger, Bot. Z. 36), muß durch wiederholte Versuche entschieden werden. Wir haben jene Angaben nicht bestätigt gefunden.

Jod und Schwefelsäure grünblau gefärbt, trennen sich dabei und zeigen einen dunkelblauen Zwischenraum, dessen Färbung von der durchscheinenden Zellenwand herrührt.

In concentrirter Salpetersäure schwellen die jungen Fasern von Agave americana auf und bekommen hier und da hervorspringende Punkte, aber verändern sich nicht weiter. Ammoniak, im Uebermaaß hinzugesetzt, färbt sie gelblich. Sie enthalten daher eine Spur von Protein. Bei 605maliger Vergrößerung beobachtet man eben so wenig eine Verschiedenartigkeit der Substanz, als bei 788maliger Vergrößerung, Fig. 49. Concentrirte Schwefelsäure löst sie augenblicklich auf und färbt sie ein wenig braun, Fig. 52. Sie bestehen daher nicht aus reiner Cellulose. Verdünntere Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) verändert die Spiralen nicht, Fig. 46. Wird darauf concentrirte Säure hinzugesetzt, so zerfallen sie in kleine Stückchen und lösen sich nach und nach auf. Sie nehmen hierbei eine gelbe Farbe an, und nach der Auflösung der Faser bleiben gelbe Körner übrig, welche viel größer sind, als der Durchmesser der Fiber war, die durch Zusatz von Ammoniak wieder ein kleineres Volumen einnehmen, im Kali sich abermals ausdehnen, Fig. 47 *).

In concentrirter Kalilauge schwellen sie stark auf und erhalten eine rauhe Oberfläche, aber sie werden nicht aufgelöst, selbst nicht nach vierundzwanzigstündiger Einwirkung; eine neue Quantität Kali verändert sie nicht weiter, Fig. 48 **). Fig 45 zeigt die Fasern, wie sie sich im Wasser verhalten.

---

*) Königswasser verändert die alten Fasern von Agave nicht, aber sie schwellen darin ein wenig auf. Eben so verhalten sie sich gegen Chromsäure.

Auch concentrirte Essigsäure verändert die Fasern nicht. Auf Zusatz von Blutlaugesalz bildet sich selbst nach längerer Einwirkung kein Niederschag von Protein. Nachdem sie zwei Stunden in einer Sublimatlösung gelegen, haben sie dasselbe Ansehen, als wenn man sie unter Wasser betrachtet.

Es ist auffallend, daß die Dicke der Spiralen bei derselben Pflanze und selbst in demselben Blatte so sehr verschieden ist. Die dickeren Spiralen verhalten sich übrigens gegen die genannten Agentien, wie die dünnern.

**) Von einer großen Menge Kali würden sie ohne Zweifel bald aufgelöst werden.

In Phytolacca decandra werden die Spiralen durch concentrirte Salpetersäure gelb gefärbt, besonders nach darauf folgender Einwirkung von Ammoniak. Sie enthalten also ebenfalls Spuren von Protein. (Harting u. M.)

Mitscherlich hat die Spiralgefäße von Pisang, also das aus Cellulose bestehende Häutchen sammt der Faser analysirt (S. 213), worin außer Cellulose und ein wenig Protein noch eine andere Substanz vorhanden ist. Die bloßen Fasern von Musa sapientum gaben (Payen Mém. p. 219.)

C 48,43
H 6,91
O 44,66

Der Kohlenstoffgehalt stimmt ganz mit dem von M. gefundenen überein; aber die für den erhaltenen Wasserstoff angegebene Zahl ist offenbar unrichtig; und da Mitscherlich denselben unberücksichtigt gelassen hat, so wissen wir über ihre Zusammensetzung eigentlich nichts.

Es war wichtig, die Zusammensetzung der Spiralfasern zu kennen, weil sie, wie die obigen Versuche zeigen, außer Cellulose noch einen Stoff enthalten, welcher wenigstens den mit alten Spiralfasern angestellten Beobachtungen zufolge die mittelste Schicht der Holzzellen oder die eigentliche Holzsubstanz ausmacht. Da nämlich die Holzzellen drei Verbindungen: die Cellulose, die Substanz der äußersten und die der mittleren Schicht, enthalten, welche man gegenwärtig noch nicht zu scheiden weiß, so wird die Analyse eines Elementargewebes, worin nur zwei derselben vorkommen, über die Zusammensetzung der reinen mittleren Holzsubstanz Aufschluß geben können. Denn die Zusammensetzung der Cellulose ist bekannt, und das Protein kann aus den Spiralfasern durch concentrirte Essigsäure ausgezogen werden; die Formel, welche die Analyse der so gereinigten und mit verdünnter Säure, Alkohol, Aether und Wasser behandelten Spiralfasern nach Abzug der Cellulose-Formel giebt, wird

daher die Zusammensetzung der reinen und der eigentlichen mittelsten Schicht der Holzzellen ausdrücken.

In dieser Absicht wurden aus Agave americana ausgezogene Spiralfasern mit concentrirter Essigsäure, Wasser, Alkohol und Aether gereinigt und der Analyse unterworfen. Sie gaben etwas über 2% Asche, welche also durch Essigsäure nicht aufgelöst werden konnte, und bei 130° getrocknet:

	gef.	At.	ber.
C	47,65	64	47,94
H	6,04	98	5,99
O	49,31	47	46,07 *)

Diese Zahlen entsprechen der Zusammensetzung zweier Verbindungen, von denen die eine, nämlich die Cellulose, bekannt ist. Ziehen wir die Formel der letzteren von der Brutto-Formel ab, so haben wir:

	C	H	O
	64	98	47
Cellulose	24	42	21
Holzsubstanz	40	56	26

	At.	ber.
C	40	50,89
H	56	5,82
O	26	43,29

Wir werden hierauf in dem Artikel über Holz zurückkommen, nur will ich hier noch bemerken, daß sich jene Substanz durch die Elemente des Wassers von Ulmin unterscheidet, worin sie so leicht übergeht.

	C	H	O
Holzsubstanz	40	56	26
Ulmin	40	28	12
		28	14

*) Scheik. Onderz. Deel III.

Diese Holzsubstanz, welche mit der mittelsten Schicht der Holzzellen identisch ist, wollen wir der Kürze halber **mittlere Holzsubstanz** nennen, im Gegensatze zu der äußersten Schicht, welche **äußere Holzsubstanz** heißen soll.

In Mamillaria pusilla, wo man breite, schwere, platte Spiralen findet, werden die Spiralfasern, aus der Uebergangsstelle des Stammes in das Rhizom, durch Kali nicht verändert, nur etwas durchscheinender; die Zellenmembran wird darin augenblicklich durchsichtig. Concentrirte Salpetersäure färbt die auf dem Querschnitte beobachteten Ringe gelblich; wenn man darauf Ammoniak im Uebermaaß hinzufügt, so entsteht eine starke gelbe Färbung von xanthoproteinsaurem Ammoniak; und zwar weit stärker, als sie bei Agave und Opuntia beobachtet wurde, Fig 53. Die Fasern bleiben vollkommen homogen und schwellen ein wenig auf. Auf dem Längsdurchschnitte sieht man in der Zellenwand durch Salpetersäure und Ammoniak keine Färbung entstehen, Fig. 54. — Jodtinktur färbt die Spiralen und die Zellenwand braun, auf Zusatz von Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) werden sie nicht blau, aber erstes Schwefelsäurehydrat löst darauf die Zellenwände mit rein blauer Farbe auf, während die Spiralen noch braun sind, Fig. 55. Letztere werden nach einiger Zeit gallegrün, Fig. 56 und 57, bleiben vollkommen homogen und färben sich nach einer halben Stunde braunroth, Fig. 58, in Folge der Einwirkung der concentrirten Schwefelsäure; nach 24 Stunden ist Alles in dem nämlichen Zustande. Verdünnte Schwefelsäure übt weder auf die Spirale noch auf die Zellenwand eine Einwirkung aus; nach Zusatz von concentrirter Säure werden beide aufgelöst, die Wände zuerst und darauf nach und nach die Spiralen, anfangs ohne Färbung, zuletzt bräunt sich die Masse, ohne daß, wie bei Agave, etwas Körniges zurückbleibt. Gleichzeitig mit den Spiralen und also weit langsamer als die Wände der Spi-

ralzellen werden die Markzellen aufgelöst, welche also aus weit dichtern Substanzen bestehen als jene. Nach 24 Stunden findet man immer noch Theile der Spirale ungelöst *).

Jene Spiralen zeigen also von denen der Spiralgefäße anderer Pflanzen ein abweichendes Verhalten. Cellulose scheint nur in sehr geringer Menge darin vorzukommen, wogegen sie viel mittlere Holzsubstanz enthalten.

Es war von Interesse, von den Spiralgefäßen von Mamillaria eine Analyse anzustellen, weil dadurch annäherungsweise die Zusammensetzung der Spiralen gefunden werden kann. Der Holzkörper von Mamillaria pusilla, welcher ohngefähr aus 80% Spiralen, 10% Markstrahlen und 10% Spiralröhren besteht, und welcher das Holz in den Dikotyledonen enthält, wie bei den Coniferen die Tüpfelzellen, hat in der That — nach vorhergegangener Behandlung mit Alkohol, Wasser und Aether — bei der Analyse Zahlen gegeben, welche der Zusammensetzung des Holzes sehr nahe entsprechen. Das sehr dünne Zellenhäutchen der Spiralzellen und Markstrahlen ist weniger Ursache jener Uebereinstimmung (S. 447), als die Spiralen an und für sich. Die gefundene procentische Zusammensetzung ist folgende:

---

*) Nach 24stündiger kalter Behandlung mit Chlorwasser hatten weder die Spiralen noch die Zellenhäute eine Veränderung erlitten. Mit concentrirter kalter Salzsäure eben so lange digerirt, blieben die Zellenmembranen farblos, die Spiralen wurden hell violett gefärbt, Fig. 59. Sie enthalten daher eine Spur von Protein †). Bei 60° 24 Stunden lang mit concentrirter Salpetersäure in Berührung, waren sowohl die Zellenhäute als die Spiralen stark aufgeschwollen und sehr durchscheinend geworden. Ebenso nach der Digestion mit concentrirter Kalilauge bei 60°, wobei die Farbe gelbbraun wurde. Nachdem das Alkali mit Wasser vollkommen ausgewaschen war, brachte Jod und Schwefelsäure in der Zellenmembran noch dieselbe blaue Farbe hervor, während die Spiralen sich braun färbten. (Harting u. M.)

†) Diese Reaktion ist noch schärfer, als die mit Salpetersäure und Ammoniak, und bietet ein ausgezeichnetes Mittel dar, um Protein in den Pflanzengeweben aufzufinden.

	130°	135°
C	50,49	50,25
H	6,10	6,10
O + N	43,41	43,65 *)

Der bedeutende Aschengehalt, welcher sich auf 6 bis 7 pC. beläuft, macht die Resultate der Analyse etwas ungenau; außerdem enthält jene Substanz, wie das Holz, Protein. Man sieht indessen, daß die Spiralen von Mamillaria aus der mittleren Holzsubstanz bestehen, worin sich kaum noch ein Gehalt an Cellulose entdecken läßt. Die Spiralen von Agave, mit denen von Mamillaria verglichen, zeigen nur eine Abweichung in der Menge, nicht hinsichtlich der Natur der Stoffe, welche die Fasern bilden. In jenen ist, selbst in den alten Spiralen, weit mehr Cellulose enthalten, als in den letzteren; in diesen weit mehr der mittleren Holzsubstanz und damit zugleich eine größere Menge Protein.

Wir haben immer gefunden, und es ist eine allgemeine Thatsache, daß, je reicher ein Elementargewebe an der mittleren Holzsubstanz ist, es um so mehr Protein enthält. Das Protein ist ein beständiger Begleiter der Holzsubstanz, und dieses gemeinsame Vorkommen deutet darauf hin, daß es bei seiner Zersetzung den Zelleninhalt in die mittlere Holzsubstanz verwandelt, und daß hierbei diejenigen Antheile desselben, welche der Zersetzung entgehen, von dem neugebildeten festen Körper eingeschlossen werden. Deshalb findet man Protein nur in alten und verdickten, nicht in jungen Schichten.

Die Bildung der breiten Spiralen von Mamillaria kann, wiewohl wir sie im jugendlichen Zustande nicht untersucht haben, auf eine andere Weise vor sich gehen, als in Agave americana. Die ersten Spuren müssen spiralförmige Verdickungen von Holzsubstanz sein, welche sich, mit viel Cellulose innig verwebt, an der Zellenwand abgelagert hat. Nach und

*) Scheik. Onderz. Deel III.

nach nimmt die Menge der ersteren zu und die der letzteren bedeutend ab, so daß sie am Ende bis auf geringe Spuren oder ganz verschwindet.

Die Bildung der Spiralen und die Ablagerung der Holzsubstanz in den Holzzellen geschieht also durch dieselbe Substanz; nur ist die Stelle der Ablagerung eine andere. In den Spiralgefäßen findet die Ablagerung an der innern Wand und spiralförmig Statt; in den Holzzellen dringt sie schichtenweis durch die Zellenwand nach außen.

Die Wand der Spiralgefäße ist immer reine Cellulose.

Ringförmige, netzförmige, gestreifte, punktirte Gefäße.

Die Verdickungsschicht, welche sich in manchen Zellenreihen als reine Spirale an der Zellenwand absetzt, bildet zuweilen auch unregelmäßige Spiralen oder Spiralgefäße. Wenn die aneinandergereihten Zellen keine Oeffnung erhalten, durch welche sie cummuniciren, so bleibt eine jede Zelle selbstständig für sich bestehen und behält die Spirale oder bekommt neue Umwandlungsprodukte derselben. Haben dagegen jene Zellen eine gemeinschaftliche Oeffnung, und findet dabei eine ungleichmäßige Entwickelung der Spirale Statt, so entsteht ein von der Form der Spiralgefäße abweichendes Gefäß.

Dieser Mittel bedient sich die Natur, um die verschiedenen Pflanzengefäße hervorzubringen.

Isolirte Windungen einer Spirale bilden, wenn sie dicht neben einander liegen, ohngefähr einen Ring. Stellen wir uns vor, daß von einer in einer Zelle abgelagerten Spirale mehrere Windungen zusammenwachsen, und das Zellenhäutchen sich auszudehnen fortfährt, so kann sich dieses Stück von dem übrigen Theile der Spirale losreißen und einen Ring bilden. Findet dieses Verwachsen zweier, dreier oder mehre-

rer Windungen über die ganze Länge der Spirale Statt, so entsteht durch spätere Ausdehnung der Zellenmembran und durch Trennung dieses Theils vom Ganzen eine Reihe von Ringen, welche mit dem Zellenhäutchen zusammenhängen; mit andern Worten, es bilden sich Ringzellen. Denken wir uns endlich, daß eine solche Veränderung in einer Reihe von Zellen vor sich geht, welche durch eine gemeinschaftliche Achse unter einander verbunden sind, und daß die Scheidewände verschwinden, so entsteht eine ringförmiges Gefäß, eine Röhre, welche ursprünglich aus spiralförmig inkrustirten Zellen besteht, und die eine bedeutende Länge in der Pflanze einnehmen kann. Es sind hier die Ringe, welche wie die Spiralen inkrustirende Stoffe enthalten und die mit der Zellenmembran vereinigt sind, worin ursprünglich die Inkrustirung geschieht.

Man kann über den Ursprung jener ringförmigen Gefäße nicht im Zweifel sein; man findet zuweilen zwischen den Ringen sogar noch kleine Stücke der Spirale, welche an der allgemeinen Veränderung nicht Theil genommen haben.

Netzförmige Gefäße entstehen auf dieselbe Weise durch spiralförmige Vertheilung der Substanzen an der Zellenwand, mit dem Unterschiede, daß die Trennung der Spiralwindungen nicht wie bei der Ringbildung in einer gewissen Ordnung, sondern unregelmäßig geschieht; dadurch werden hier und da kleine vereinzelte Theile der inkrustirten ursprünglich spiralförmig abgelagerten Substanz sichtbar.

Zeigen jene Theile eine gewisse Regelmäßigkeit, so nennt man die Gefäße gestreifte Gefäße; die Theile der Windungen sind regelmäßige, aber sie bilden keinen Ring.

Wenn endlich die außen sichtbaren Theile der Spirale sehr klein und ihrer sehr viele sind, wenn, mit andern Worten, die Windungen unzählige Male in kleine Theile zerstückelt sind, so sieht man zwischen denselben da, wo die Theile der Spirale sich getrennt haben, kleine Punkte, und die so

gebildeten Gefäße nennt man punktirte Gefäße. Sie bestehen wie die anderen aus Zellenhäutchen und sind inwendig mit Theilen der Spirale belegt, welche als infrustirende Substanz in den Zellen abgelagert war.

Daß alle Pflanzengefäße ohne Unterschied aus Zellen entstehen', und daß die verschiedenen Arten derselben sich auf die so eben erwähnte Weise bilden, ist nicht in Abrede zu stellen. Was den ersten Punkt betrifft, so findet man in sehr entwickelten Gefäßen solche Unregelmäßigkeiten, welche nur aus dem zelligen Ursprunge zu erklären sind, nämlich Verengungen in Abständen, welche von der Größe der Zellen abhängen und als Ueberbleibsel der ursprünglichen Querwände der Zellen angesehen werden müssen.

So leicht sich die Entstehung der Spiralgefäße, die Inkrustation der verdickten Zellenwände und die Bildung ringförmiger, netzförmiger, gestreifter und punktirter Gefäße aus der nämlichen Ursache, nämlich aus der Ablagerung der spiralförmig gewundenen dünnen Schicht einer Substanz (der mittleren Holzsubstanz) gegen die Zellenwand ableiten läßt, so ist wohl zu bemerken, daß jene Formen nicht willkürlich oder durch geringe Abänderung der Verhältnisse in einander übergehen, in der Art, daß ein punktirtes oder gestreiftes Gefäß als ein unvollkommenes Spiralgefäß betrachtet werden müßte. Es herrscht vielmehr bei der Entwickelung der genannten verschiedenen Formen aus derselben Grundform eine vollkommene Gesetzmäßigkeit, und es ist unverkennbar, daß in dem Pflanzenreich jene Organe vermittelst spiralförmig abgesonderter Stoffe nach bestimmten Gesetzen gebildet werden, weshalb ein jedes in seiner Weise vollkommen genannt werden muß.

Aus der Eigenschaft der Pflanzen, in spiralförmigen Linien Stoffe abzuscheiden oder Elementartheile zu entwickeln, läßt sich sogar für die Vertheilung der Zweige und Blätter eine Gesetzmäßigkeit ableiten; Schimper und Braun

haben die scheinbare Unregelmäßigkeit, welche darin herrscht, auf spiralförmige Ablagerung zurückgeführt und diese Erscheinungen mit obigen Thatsachen in vortreffliche Uebereinstimmung gebracht.

Ueber die Natur der Stoffe, woraus die abgehandelten Gefäße bestehen, waren unsere Kenntnisse bisher sehr mangelhaft; nur daß Cellulose in den Wände der Gefäße vorkommt, war bekannt. Von den übrigen Bestandtheilen wußte man nichts. Wir haben darüber nachfolgende Beobachtungen angestellt.

Die Ringzellen weichen, was die Bestandtheile der Zellenwand betrifft, nicht von den parenchymatischen Zellen ab, d. h. sie bestehen aus reiner Cellulose. Die Ringe selbst verhalten sich aber eigenthümlich und unterscheiden sich mehr oder weniger von den Spiralen der Spiralgefäße; sie nähern sich mehr denen der Spiralzellen.

Die Ringe von Opuntia microdasis, Fig. 60, 61, 62, 63, 64, schwellen in concentrirter Kalilauge auf; sie bleiben dabei vollkommen homogen, ungefärbt und werden nicht aufgelöst.

Concentrirte Salpetersäure verhält sich eben so; sie dehnen sich aus und bleiben ungefärbt; Ammoniak, im Uebermaaß hinzugefügt, zeigt ein wenig Protein an, Fig. 63.

Concentrirte Schwefelsäure löst die Zellenwand augenblicklich auf, während die Ringe anschwellen und durchsichtig werden. Sie bleiben vollkommen homogen, bekommen viele kleine Oeffnungen und nach innen einen gekerbten Rand; sie nehmen dabei eine gelbe Farbe an, Fig. 61. Nach einstündiger Einwirkung der im Uebermaaß hinzugefügten Schwefelsäure bleiben sie ungelöst. — Die Spiralen, welche in den untersuchten Gegenständen gleichzeitig vorkommen, verhalten sich ebenso.

Selbst nach 24 Stunden haben sich die Ringe in concentrirter Schwefelsäure noch nicht gelöst. Durch Zusatz von

Jodtinktur werden sie nicht blau, sondern braun, Fig. 62. Bald werden einige (drei oder vier) auf einander gelagerte Schichten sichtbar, welche durch dunkle Streifen getrennt sind. Manche Ringe zeigen die Schichten nicht; einige wenige, welche dieselben nicht enthalten, sind auswendig mit einem sehr dunkel gefärbten Rande umgeben und haben inwendig eine helle farblose Stelle, welche die Oeffnung ist, Fig. 62.

Wenn man den zu untersuchenden Gegenstand vor der Behandlung mit Schwefelsäure trocknet, so schwellen die Ringe stark auf und werden etwas früher als die andern Spiralen aufgelöst. Die Farbe ist anfangs grünlich, Fig. 64, und geht darauf ins Braune über. Von einer nach der Auflösung übrigbleibenden Substanz haben wir keine Spur wahrgenommen.

Durch Jodtinktur und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) färben sich die Ringe gelb. Fügt man darauf noch concentrirte Schwefelsäure hinzu, so werden sie dunkelgelb, gallegrün, aber nicht blau, während die Merenchymzellen, gleich wie die Zellenwand der Ringzellen und der Spiralzellen, sich augenblicklich bläuen. Die Spiralen der letzteren nehmen dieselbe grüne Farbe an wie die Ringe. Diese Reaktionen bestätigten den Uebergang der Spiralen in Ringe, den wir in mehreren Fällen direkt beobachteten. Es findet nämlich zwischen denjenigen Stoffen, woraus die Spiralen und Ringe zusammengesetzt sind, kein Unterschied Statt, Fig. 60 *).

Die Ringe der Ringgefäße (gestreifte Zellen) von Vitis vinifera, Fig. 44. c, verhalten sich wie die obigen (Harting und M.).

Die Wände der Ringzellen sind also aus Cellulose und, wie es scheint, aus reiner Cellulose gebildet; die Ringe ent-

*) Chromsäure verändert die Ringe nicht, außer daß sie aufschwellen. Königswasser verhält sich eben so; das Nämliche gilt von den Spiralen.

halten nur eine Spur davon. Da sie früher ganz aus Cellulose bestanden (s. Spiralgefäße) und nun den Charakter der mittelsten Wand der Holzzellen angenommen haben, so hat im Verlauf ihrer Entwickelung eine wesentliche Veränderung Statt gefunden. Den Reaktionen nach zu urtheilen, scheint die Substanz der Ringe mit den Verdickungsschichten von Hoya übereinzustimmen, und also aus der mittleren Holzsubstanz, mit ein wenig Cellulose innig gemengt, zu bestehen. Die Membran, welche die äußerste auf dem Querdurchschnitte der Ringe der Ringzellen sichtbare Schicht, Fig. 62, ausmacht, enthält eine größere Menge der eigentlichen Holzsubstanz und weniger Cellulose, als die übrigen Schichten.

Die Holzsubstanz dringt also aus dem Zelleninhalte in die Spirale und verdickt dieselbe theils durch Intussusception, theils durch Superposition, grade wie bei den Holzzellen, von Hoya.

Die vasa reticulata, in Tradiscantia virginica beobachtet, schließen sich ganz an die Ring- und Spiralgefäße. In mehreren Querdurchschnitten fanden wir Ringe und Spiralen in demselben Gefäße. Die Zellenwand färbt sich durch Jod und Schwefelsäure dunkelblau, die Ringe selbst gelblich grün (Harting u. M.).

Die vasa scalaria, welche wir untersuchten, zeigten gegen die angewandten Agentien ein besonderes Verhalten. Wir haben sie zuerst in Aspidium filix mas geprüft, worin man eine Menge derselben in einem auf dem Querdurchschnitte mit dunkelm Rande versehenen Gefäßbündel findet. Die dicke Wand, welche das Gefäßbündel umgiebt, wird von Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) nicht aufgelöst und verhält sich in dieser Hinsicht der cuticula der Pflanzen und der äußersten Schicht der Holzzellen analog. Durch Jod und Schwefelsäure färbt sie sich braun. Die vasa scalaria selbst werden durch Einwirkung von Jod und Schwefelsäure

äußerlich bräunlich und lassen keine verschiedenen Stoffe oder Schichten erkennen. Auf einem Längsdurchschnitt zeigt ein vas scalare isolirte, gelbgrüne Querstücke, so daß die durchscheinenden Stellen jenes Gefäßes wirklich Spalten sind. Es kann hier keine dünne Zellenmembran, welche die ringförmigen Stücke umgiebt, vorhanden sein, da von der ersten Einwirkung an in den Zwischenräumen keine blaue Färbung zu bemerken war.

Die nämliche Substanz, welche die Ringe der Ringgefäße bildet (mittlere Holzsubstanz), macht auch die ringförmigen Theile jener vasa scalaria aus, während eine äußere dieselben umgebende Schicht, welche durch Einwirkung von Jod nnd Schwefelsäure braun gefärbt wird, eine andere Beschaffenheit zu haben und hier mit der äußersten Schicht der Holzzellen identisch zu sein scheint. (S. Holzzellen.)

Nach 24 Stunden ist noch Alles in dem nämlichen Zustande. Durch Zusatz von concentrirter Schwefelsäure werden manche dunkelbraun, andere gelb, noch andere grün. Die breiteren färben sich braun, die dünneren grün. Dies kann von Altersverschiedenheit nicht herrühren; denn die Gefäße des Gefäßbündels entwickeln sich gleichzeitig aus der Knospe. Verschiedenheit der Dimensionen hängt nur von der schnelleren oder langsameren Entwickelung ab; wenn daher die dünneren Schichten grün werden, so enthalten sie noch Cellulose eingemengt, die in den ältern, welche braun gefärbt werden, nicht merklich vorzukommen scheint.

Diese Thatsache ist deshalb wichtig, weil sie uns eine wirkliche Umänderung der Cellulose in eine andere Substanz oder wenigstens eine Vertretung derselben durch eine andere Verbindung lehrt. Während manche Gewebe von ihrer Entstehung an bis zu ihrer vollkommenen Entwickelung Cellulose enthalten, vermindert sich in andern Geweben der Gehalt an Cellulose mit zunehmendem Alter immer mehr, um zuletzt ganz zu verschwinden, indem eine andere

Substanz an ihre Stelle tritt, welche hier mittlere Holzsubstanz ist.

Die Pflanzengewebe verhalten sich also in dieser Beziehung grade wie die animalischen. Chondringewebe ändert sich in den Knochen in leimgebendes Gewebe um; letzteres behält in der Haut und den serösen Membranen immer seinen ursprünglichen Charakter.

In Vitis vinifera kommen neben den vasa scalaria auch vasa porosa vor. Unter der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure werden die Ring- und Spiralgefäße, und zwar die innern Theile derselben braun, während die Markzellen sich lebhaft blau färben. Die vasa porosa (Fig. 44) lassen hier und da auf ihrem Längsdurchschnitte ungefärbte Oeffnungen sehen, und ist das Gefäß selbst nicht durchschnitten, so erscheinen sie blau. In den dickwandigen Parenchymzellen von Cicas revoluta, Fig. 28, ist die äußere Schicht der Wand bräunlich (die nämliche, welche die Holzzellen umgiebt, und die wir äußere Holzsubstanz nennen), die innere Wand blau (Cellulose): der Länge nach gesehen, müssen daher die Oeffnungen die blaue innere Wand hindurchscheinen lassen, wie es in der That geschieht. Aber es giebt in den Stengeln von Vitis vinifera noch andere vasa porosa, wo die Poren grün sind. Dies sind die Stellen, wo wahre Randpunkte (hofstippels) liegen, wo die braune Membran sehr dünnist, und die durchscheinende blaue grün erscheint.

In den vasa porosa kommen demnach zwei verschiedene Wände, eine, welche blau, und eine andere, welche braun wird, und also zwei verschiedene Stoffe vor; außerdem finden sich zwei Arten von Poren, welche entweder durch correspondirende Oeffnungen in beiden Wänden oder durch Canäle in der äußeren Wand, die sich nach innen zu öffnen, hervorgebracht werden.

Die vasa porosa zeigen auf ihrem Querdurchschnitte einige Analogie mit den Holzzellen. Außer daß sie, wie

letztere, dickwandig sind, besitzen sie auch im Innern häufig ein sehr dünnes körniges, durch Jod und Schwefelsäure sich zusammenziehendes braunes Häutchen (utriculus internus). Sie weichen aber darin von den Holzzellen ab, daß die mittlere Wand — welche zwischen der äußeren braun werdenden und der so eben erwähnten dünnen inneren (utriculus) liegt — reine Cellulose ist und nicht wie bei den Holzzellen verschiedene Schichten enthält, wovon nur die innere reine Cellulose ist. Man könnte also die vasa porosa Holzzellen ohne mittlere Holzsubstanz nennen.

In Vitis vinifera ist der Uebergang der vasa scalaria und porosa in einander am deutlichsten wahrzunehmen. Ein langes Gefäß, auf dem Längsdurchschnitte betrachtet, ist nämlich zum Theil vas scalare, zum Theil vas porosum. Man sieht daraus, daß beide denselben Ursprung haben, und daß jenes auf dieselbe Weise entstanden ist, wie letzteres.

Die oben erwähnte äußere durch Jod und Schwefelsäure sich bräunende und die darin liegende blaue Wand findet man auch in den vasa porosa von Euphorbia caput medusae und in den vasa punctata von Asclepias syriaca.

Verdickte Zellenwände.

Wir haben uns jetzt der so viel besprochenen Tüpfelbildung genähert, deren Betrachtung zum Theil mit der Frage zusammenfällt, ob die Verdickung der Zellenwand auf der inneren oder auf der äußeren Seite der ursprünglichen Zellenmembran geschieht *).

Ich wage es nicht, über einen von den ausgezeichnetsten Vertretern ihrer Wissenschaft so vielfach untersuchten Gegenstand ein entscheidendes Urtheil auszusprechen; aber Niemand

---

*) Vergl. Mohl über den Bau der getüpfelten Gefäße. Linnaea, Bd. 6. H. 1. S. 1.

wird es übel deuten, wenn ich einfach die Beobachtungen mittheile, welche ich mit Harting darüber angestellt habe, und wenn ich daraus die Folgerungen ziehe, die sie mir wie von selbst an die Hand gegeben haben.

Indem wir die Frage, ob der utriculus primordialis wirklich primordial sei, auf sich beruhen ließen, haben unsere Versuche uns gelehrt, daß nicht überall die nämliche Inkrustirung Statt findet, und daß die Sache sich nicht aus einem einzigen Gesichtspunkte allein betrachten läßt. Wenn die Zellenmembran — welche durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt wird, die in den allerjüngsten Geweben enthalten ist und in jungen Holzzellen ohne Verdickung vorkommt — permanent ist, so geschieht die Verdickung bei der Holzbildung auf der äußeren Fläche derselben. Denn auf der Innenfläche der verdickten Wände findet man immer eine aus Cellulose bestehende Membran. Die Tüpfelbildung geschieht in allen diesen Fällen durch Ablagerung von Schichten um die ursprüngliche Zelle, auf denen sich eine dritte leicht zu unterscheidende Schicht absetzt, welche jene ganz umgiebt und welche wir Haut der Holzzelle nennen wollen. Fig. 31 Clematis vitalba, in Fig. 36 desgl.

Aber es kommt noch eine zweite Art der Verdickung vor, welche auf der inneren Seite der aus Cellulose bestehenden Zellenwand geschieht. Diese ist am deutlichsten in den dickwandigen Markzellen von Hoya carnosa zu sehen, Fig. 41 und 42.

Endlich findet Verdickung in der Zellenwand selbst Statt, in der Art, daß man keine schichtenförmige Ablagerung wahrnimmt, z. B. in dem Albumen des Samens von Phytelephas, Fig. 84 und 85, und von Iris cruciata, Fig. 81 und 82.

Es scheinen demnach drei Arten von Verdickungen unterschieden werden zu müssen.

Die verdickten und tüpfelförmigen Zellenwände verdienen also eine ausführliche Untersuchung. Wir

wollen zunächst das Verhalten verschiedener Arten derselben gegen einige Agentien betrachten.

Die Zellen von Hoya carnosa aus dem zweiten Internodium (von oben an gerechnet) eines jungen Zweiges geben mit concentrirter Salpetersäure keine bemerkenswerthe Reaktion. Mit Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) befeuchtet, bleiben sie braun und schwellen ein wenig an. Der Einwirkung concentrirter Schwefelsäure allein widerstehen die Holzzellen; nur werden sie gelb, während alles Andere, die cuticula und die Haare ausgenommen, aufgelöst wird.

Aus dem vierten Internodium von Hoya werden die Holzzellen unter Einwirkung von Salpetersäure stark gelb gefärbt, Fig. 1. A. f, gleich wie die verdickten Markzellen (s. Mark). Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) färben sie braun, Fig. 1. B. f; dasselbe fanden wir in dem siebten Internodium. Die ganz jungen Holzzellen (die Cambiumzellen der zweiten Schicht) werden übrigens rein blau, Fig. 1. B. e; eine Thatsache, welche die schon wiederholt ausgesprochene Ansicht bestätigt, daß die ursprüngliche Cellulose sich später in eine andere Substanz verwandelt oder durch eine andere ersetzt wird. Sie sind nicht verdickt und haben einen braunen Inhalt.

Die Holzzellen des vierten Internodiums werden durch concentrirte Schwefelsäure grünlich-gelb, schwellen an und zeigen concentrische Schichten; die Anschwellung ist so stark, daß das Lumen fast ganz verschwindet. Zuletzt wird Alles aufgelöst, nur bleibt von den Holzzellen eine Membran übrig, welche die innere Wand derselben ausmachte. Einige derselben bilden ein Netz von sechsseitigen braunen Maschen (mazen).

In dem siebten Internodium findet die nämliche Reaktion Statt, aber langsamer. Nach 48 Stunden ist der Inhalt der Holzzellen braun und formlos geworden.

Jene Reaktion läßt in den Holzzellen des vierten In-

ternodiums von Hoya eine eigenthümliche Substanz erkennen, welche aus Cellulose entstanden ist oder wenigstens dessen Stelle eingenommen hat. Aber während in dem siebten Internodium wahre Holzsubstanz vorhanden zu sein scheint, welche durch Schwefelsäure in Ulminsäure verwandelt wird, und obschon ein in Schwefelsäure unlösliches Häutchen die Zelle umgiebt (äußere Holzzellensubstanz), so fehlten doch viele andere Eigenschaften, welche die Holzzellen anderer Pflanzen charakterisiren (s. Holzzellen).

Die lebhaft grüne Färbung der jungen Holzzellen von Hoya unter der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure in dem vierten Internodium — eine Erscheinung, welche die verdickten Markzellen desselben Präparats gleichfalls zeigen — beweis't, daß die Cellulose sehr langsam verschwindet. Die Analogie zwischen den Holz- und den verdickten Markzellen ist hinsichtlich der verdickenden Substanz bemerkenswerth. Sie scheint für die ganze Verdickung die nämliche zu sein, und nicht, wie in manchen Holzzellen, aus verschiedenen Stoffen zu bestehen.

In einem sehr alten Zweige von Hoya, wo die concentrischen Schichten deutlich zu sehen sind und zugleich die Verdickung so stark ist, daß man ein Lumen der Zelle beinahe nicht mehr unterscheiden kann, färbt concentrirte Schwefelsäure die verdickte Wand — auch die der verdickten Markzellen — anfangs lebhaft grün, später braun. Bei der Auflösung der Markzellen geschieht dies zuerst von außen.

Der Samen von Alstroemeria aurea, Fig. 76, 77, 78, 79, 80, welcher schöne Tüpfel enthält, besteht aus einem halb durchscheinenden Gewebe, welches hornartiges Albumen genannt wird. — Mit concentrirter Schwefelsäure behandelt schwellen die dicken Zellenwände auf, und die Tüpfel verschwimmen in einander. Sie werden nicht im Mindesten gelb, und auch auf Zusatz von Ammoniak kaum sichtbar gelb. Sie enthalten daher nur Spuren von Protein. Durch Jod

und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) werden sie nicht blau, sondern hellgelb, Fig. 80. Nach einiger Zeit färben sich die an der Oberhaut liegenden blau, das Uebrige hell violet mit einem Stich in's Rothe; sie schwellen nicht an, lösen sich aber auf. Es muß also eine ganz eigenthümliche Substanz darin vorhanden sein. Concentrirte Schwefelsäure nach vorhergegangener Einwirkung von Jod macht sie ebenfalls nicht blau, diejenigen ausgenommen, welche an der Oberfläche liegen. Da nun letztere dieselbe Form besitzen, wie die andern, so ist es wahrscheinlich, daß sie mit der Zeit in jene Substanz umgewandelt werden. Die Zellen enthalten reine Oelkügelchen, ohne daß man eine andere Substanz zwischen beiden wahrnimmt.

Die verdickten Wände schwellen in Kali auf, aber nach einiger Zeit sieht man die Tüpfel noch deutlich.

Ganz junger Samen zeigte die Eigenthümlichkeit, durch Jod und Schwefelsäure ebenfalls nicht blau, aber schnell aufgelöst zu werden. Oeltropfen sind nicht darin vorhanden; und statt des fehlenden Amylums findet man eine körnige Substanz. Die Wände der jungen Zellen sind sehr dick und mit vielen Tüpfeln versehen. Je jünger die Zellenmembran ist, um so weniger wird sie durch Jod allein gefärbt, was um so merkwürdiger ist, als die junge Zellenwand sehr weich, die alte hingegen ganz hart ist.

Schichten lassen sich in der Zellenwand auf keine Weise entdecken.

Aehnliche verdickte Wände, wie in Alstroemeria findet man in der Frucht von Iris cruciata, Fig. 81, 82, 83. Die Dicke der Wände beträgt 0,0054 Mm. Sie unterscheiden sich aber von Alstroemeria durch die Reaktion mit Jod und Schwefelsäure. Jod allein färbt sie braun. Man findet keine Spur concentrischer Schichten. Durch Zusatz von concentrirter Schwefelsäure wird die verdickte Zellenwand augenblicklich blau und löst sich auf, Fig. 83; aber durch Jod und Schwefel-

säure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) wird sie gebräunt, Fig. 82, und es erscheinen hexagonale Figuren, wovon vor der Anwendung von Schwefelsäure keine Spur vorhanden war. Die braune Färbung ist nicht Folge einer durch die Schwefelsäure bewirkten Zersetzung; denn nach 48 Stunden wird Alles durch Ammoniak so vollkommen in den ursprünglichen Zustand zurückgeführt, als ob kein Reagens eingewirkt hätte.

Die Frucht von Phytelephas macrocarpa, deren Durchschnitt man Fig 84, 85 sieht, erscheint nach der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure hellblau, Fig. 85, mit weiß begrenzten Rändern; auch hier zeigen sich sehr schöne hexagonale Figuren, während vorher keine Spur von Regelmäßigkeit zu bemerken war. Die blaue Farbe verschwindet später und geht in weiß über.

Es war interessant, den Samen von Alstroemeria und Iris zu analysiren und die Resultate mit denen zu vergleichen, welche die schon früher untersuchte Frucht von Phytelephas gegeben hatte, die die Zusammensetzung der Cellulose besitzt (S. 204.). Beide waren zuvor von der Epidermis, der Samen von Iris auch vom Embryo befreit, fein zertheilt und mit Aether, Wasser und Alkohol ausgezogen. Sie enthielten keine wägbare Menge Asche, aber die vollständige Verbrennung der Kohle geschah in beiden Fällen erst nach lange anhaltendem Glühen.

Samen von

	Iris	Alstroemeria			
	130°	130°	150°	At.	ber.
C	45,99	45,86	45,65	24	46,14
H	6,16	6,25	6,23	38	5,98
O	47,85	47,89	48,12	19	47,88 *).

Die Zusammensetzung jener Früchte ist also sehr einfach — Sie sind mit Pflanzenschleim isomer (Scheikundige Onderzoe—

*) Scheik. Onderz. Deel. III.

kingen, Deel III.) und unterscheiden sich von der zum Theil aus Cellulose bestehenden Frucht von Phytelephas = C_{24} H_{42} O_{21} durch zwei Aeq. Wasser, welche die von Iris und Alstroemeria weniger enthält. Der Gehalt an Protein ist so gering, daß er auf das Resultat der Analyse keinen Einfluß haben kann. Die beigemengte Cellulose ist gleichfalls unbedeutend.

Jenes Gewebe ist also aus Cellulose entstanden, dadurch, daß diese die Elemente von Wasser verloren hat. In Iris ist auch noch eine Spur von Cellulose zurückgeblieben, Fig. 83.

Der Samen von Phytelephas, worin die blaue Färbung viel weniger intensiv war, als die der reinen Cellulose, enthält noch eine zweite Substanz, die sich von der Cellulose durch ihre Eigenschaften, aber nicht durch die Zusammensetzung unterscheidet (Vergl. von Baumhauer in Scheik. Onderz. Deel II. und III.).

Die Substanz, welche die Zellenwand in Hoya carnosa verdickt, scheint ein inniges Gemenge von Cellulose und derjenigen Verbindung zu sein, welche wir mittlere Holzsubstanz genannt haben. Letztere ist ein Umwandlungsprodukt des Zelleninhaltes, welcher in Hoya carnosa mit der Cellulose-Schicht innig verwebt ist und in den eigentlichen Holzzellen durch diese hindurchschwitzt. In beiden bildet sich indessen aus dem Zelleninhalte, in Folge der Durchdringung der Cellulose-Schicht, zuerst eine besondere Wand, welche von concentrirter Schwefelsäure nicht aufgelöst wird (Haut der Holzzellen). (Harting und M.) (S. ferner Holzzellen.)

Saftgefäße.

Es giebt in den Pflanzen eine besondere Reihe von Gefäßen, welche Flüssigkeit führen und die in den Gefäßpflanzen oft eine bedeutende Länge einnehmen. Man nennt sie

Milch- oder Saftgefäße. Es ist bekannt, daß sie sich durch ihre Struktur von allen anderen Gefäßen und Zellen der Pflanzen unterscheiden. Sie bestehen im jugendlichen Zustande aus dünnen Wänden, welche mit dem Alter dicker werden. Die Saftgefäße sind meistens kugelrund, communiciren unter einander durch seitliche Oeffnungen, laufen in den Stengeln parallel und bilden in den Blättern Verzweigungen, deren Theile in einander einmünden, obschon sie deshalb nicht mit den Blutgefäßen der Thiere zu vergleichen sind. Sie besitzen keine Contractilität; auch kennt man bis jetzt weder den Anfang noch das Ende derselben *).

Man glaubt bei jenen Saftgefäßen beobachtet zu haben, daß sie mit dem Alter auf kleine Entfernungen quer liegende Scheidewände bekommen und dadurch einerseits die Funktion, die Flüssigkeiten fortzuführen, verlieren, andrerseits das Ansehen verlängerter Zellen erhalten. Ich kann hierüber nicht entscheiden.

Wahrscheinlich werden sie aus Zellen gebildet, welche an einander liegen, und deren Zwischenwände resorbirt werden.

Die Funktion der Saftgefäße ist ohne Zweifel für das Leben der Pflanze von der größten Wichtigkeit, und ist deshalb gegenwärtig auch noch Gegenstand vieler Discussionen. Die Pflanzenzellen können bekanntlich in der Regel nur eine klare durchsichtige Flüssigkeit durch ihre Wände hindurchlassen; denn die Zellenwände sind die feinsten Filter, welche man kennt (S. 217). Die Flüssigkeit, welche von einer Zelle in eine andere übergeht, also zwei Filter durchdringt, kann daher keine suspendirten Theile enthalten; viel weniger noch diejenige, welche endosmotisch durch eine unzählige Menge Zellenwände aufgestiegen ist, wenn man diejenigen Zellen ausnimmt, worin wirklich Poren bestehen (S. 423) und die wahrscheinlich viel allgemeiner sind, als man bisher ange-

*) S. Meyen, Sekretionsorgane der Pflanzen, S. 66.

nommen hat, deren Poren aber sehr klein und nicht im Stande sind, gröbere Theile hindurchzulassen.

Daraus folgt also, daß ein fester Körper in keiner andern Form als im aufgelösten Zustande in eine Zelle gelangen und gleichfalls nur im aufgelösten Zustande dieselbe wieder verlassen kann, die Fälle ausgenommen, wo die Zellenwand wirklich Poren enthält (S. 423).

Ganz anders verhält sich dies bei den Saftgefäßen. Obgleich ihr Lumen viel kleiner ist, als das der Spiralgefäße, so findet sich ein fortlaufender Canal, durch welchen trübe Flüssigkeiten, d. h. solche, welche kleine suspendirte feste Theile enthalten, emporsteigen können. In der Regel ist der Inhalt der Saftgefäße nicht hell, weshalb sie auch Milchgefäße, und die kleineren in der Flüssigkeit schwimmenden Körperchen Milchsaftkügelchen genannt werden. Daß diese verschiedener Art sind, ergiebt sich von selbst (S. Pflanzensäfte).

Die vasa laticis, welche wir hier mit den milchführenden Bastzellen zugleich abhandeln wollen, bestehen, ihrer Hauptmasse nach, aus reiner Cellulose.

Was letztere betrifft, so sahen wir sie in einem zweiten Internodium, von oben an, in Hoya carnosa durch Jod und Schwefelsäure schön blau gefärbt werden, Fig. 1 *B, d.*

In Asclepias syriaca, wo man milchführende Bastfaserzellen antrifft, sieht man sie durch Jod und Schwefelsäure blau werden und concentrische Schichten zum Vorschein kommen, Fig. 15. Diejenigen, welche in dieser Pflanze in dem Mark vorkommen und viel Milchsaft enthalten, verhalten sich gegen die genannten Agentien auf dieselbe Weise.

Was die ersteren betrifft, so haben wir sie bei Euphorbia caput medusae, Fig. 66, genau untersuchen können, wo sie einen Ring um die Holzbündel bilden, aber auch durch das Rindenparenchym (schorsparenchym) vertheilt gefunden werden. Der Querdurchschnitt dieser vasa laticis zeigt sehr dicke Wände, die auch auf dem Längsdurchschnitt deutlich zu

30*

sehen sind. Jod und Schwefelsäure färben die vasa laticis sehr schnell und sehr dunkel blau, viel früher als die benachbarten jungen Holzzellen, die indessen später ebenfalls eine rein blaue Farbe annehmen, Fig. 67. Man sieht auf dem Querschnitte der so gefärbten vasa laticis eine dunkelblaue nach außen zu strahlenförmig heller werdende Masse, umgeben von einem bläulich-weißen Ringe einer dünnen braunen Schicht und zuletzt von einem weißen Ringe (leerer Raum), welcher an die umliegenden Parenchymzellen grenzt, Fig. 68. Diese Erscheinungen, welche nach der ersten Einwirkung eintreten, deuten an, daß zwei verschiedene Stoffe in dem vas laticis vorkommen, ein äußerer, welcher hellblau, und ein innerer, welcher dunkelblau gefärbt wird; welche beide strahlenförmig in einander überlaufen. Auch sieht man auf dem ungefärbten Querdurchschnitte deutlich strahlige Streifen, durch die jene beiden Stoffe verschmelzen. Der hellere das Ganze umschließende Rand ist leerer Raum.

Die Richtigkeit dieser Vorstellung ergiebt sich aus dem Verhalten gegen concentrirte Salpetersäure. Wenn man die vasa laticis damit befeuchtet, so schwellen sie, auf ihrem Querdurchschnitte gesehen, stark an, und die Oeffnung, so wie der eben betrachtete hellere Rand verschwinden vollständig. Auch hier wird die strahlige Vertheilung der Stoffe in der Wand deutlich sichtbar. Ammoniak, darauf im Uebermaaß hinzugefügt, färbt sie eben so wenig gelb, als Salpetersäure allein; sie bleiben farblos.

Sie verhalten sich gegen concentrirte Kalilauge gleich wie gegen Salpetersäure; sie schwellen stark auf, und das Lumen und der äußere helle Rand verschwinden; aber es zeigen sich concentrische Schichten.

Wir haben die Beschaffenheit der vasa laticis noch näher auf dem Längsdurchschnitte untersucht. Durch Jod allein wird der Inhalt dunkelbraun, körnig, die Wand hellgelb. Auf Zusatz von Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) wer-

den die Gefäße sogleich sehr stark blau, und es zeigt sich auf der äußersten Oberfläche eine sehr dünne körnige dunkelbraune Membran, deren Dicke 0,0005 — 0,0007 Mm. beträgt, Fig. 68 (Harting und M.).

Es kommen also in den vasa laticis drei verschiedene Stoffe vor: Cellulose bildet die innere Schicht; darum liegt eine andere, welche durch Kali und Salpetersäure stark anschwillt (Pectose?); die äußere sehr dünne Schicht endlich besteht aus einer Substanz, welche, den wenigen beobachteten Eigenschaften nach zu urtheilen, mit der äußeren Schicht der Holzzellen übereinstimmt.

Chemische Natur der elementären Bestandtheile des Stammes der Dikotyledonen.

Da sich unsere Untersuchungen hauptsächlich auf die Elementargewebe der Dikotyledonen erstreckt haben, so wollen wir die Elementartheile in der Ordnung, wie sie in jenen Pflanzen vorkommen, näher betrachten, und die der Monokotyledonen, welche wir untersucht haben, bei den entsprechenden Geweben zugleich abhandeln. Ich erinnere hierbei an das, was in der Vorrede gesagt ist (S. 10).

Markzellen.

Die Markzellen sind sowohl von anderen Elementargeweben, als auch bei derselben Pflanze unter sich wesentlich verschieden. Ich will sie zugleich mit den Markstrahlenzellen abhandeln.

Sie werden in Mamillaria pusilla unter der Einwirkung von Salpetersäure und Ammoniak nicht im Mindesten gefärbt. Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) färben sie augenblicklich blau. Die Markstrahlenzellen werden durch concentrirte Kalilauge nicht verändert. Beim Flieder

nimmt man dagegen keine sogenannte Färbung durch Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) wahr, selbst nicht in dem jüngsten Internodium. Demnach scheint die Substanz, woraus dieses Mark besteht, eine eigenthümliche zu sein. Die elementäre Zusammensetzung verdient deshalb näher untersucht zu werden. Eine durch den Querschnitt erhaltene Scheibe eines Blattstiels von Hollunder zeigte ebenfalls keine Färbung des Marks durch Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser), sondern erst nach Zusatz des ersten Hydrats der Schwefelsäure. Das Hollundermark scheint demnach in sehr jungem Zustande Cellulose zu enthalten, welche aber sehr bald verändert wird und selbst im jugendlichen Alter starker Schwefelsäure bedarf, um die Reaktion zu geben, welche selbst die Frucht von Phytelephas zeigt. Die Wände der Markzellen in dem Blattstiel waren sehr dünn, von 0,0003 bis 0,0010 Mm. Dicke und waren noch nicht inkrustirt; die Dicke der oben genannten nicht blau werdenden Zellenwände des Internodiums betrug 0,0004 bis 0,0012 Mm., also fast eben so viel; dadurch ist wiederum die Metamorphose oder Substitution der Cellulose in der Zellenwand selbst außer Zweifel gestellt.

Die Markzellen von Hoya carnosa, Fig. 1, bieten in verschiedenen Internodien bemerkenswerthe Unterschiede dar. Nur in der jüngsten sieht man keine Verdickung der Wände; in No. 3 der Internodien, von oben an gerechnet, sind schon einige mit verdickten Wänden versehene Markzellen zwischen den anderen eingeschoben; in No. 6 noch mehrere, und in diesen sind die Tüpfel sehr deutlich zu sehen. Die dünnste Wand, welche in dem zweiten Internodium vorkommt, ist 0,0009, die dickste 0,0016 Mm. stark. Die unverdickten Markzellen werden in dem zweiten Internodium durch Salpetersäure nicht gefärbt, sondern zeigen utriculi interni. Durch Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) werden sie augenblicklich schön blau. — Concentrirte Schwefelsäure, mit

einem getrockneten Querschnitt in Berührung gebracht, löst die Markzellen schnell auf.

Auf einem Durchschnitte aus dem vierten Internodium werden die unverdickten Markzellen durch Salpetersäure nicht verändert; die verdickten werden dagegen sehr gelb und zeigen concentrische Schichten. Sie gleichen in der Farbe den Holzzellen von Hoya, wenn diese auf dieselbe Weise behandelt werden. Nach Zusatz von Ammoniak werden beide dunkelgelb und scheinen also gleichviel Protein zu enthalten, Fig. 1 A i. Jod und Schwefelsäure färbten die unverdickten Markzellen in dem vierten Internodium sogleich blau, während die verdickten Wände keine Spur der blauen Färbung, sondern die gelbe Farbe des Jods zeigen, Fig. 1 B h, i. Diese Thatsache beweis't, daß die Cellulose hier ganz durch andere Stoffe vertreten, oder in andere umgewandelt ist. Sie verhalten sich in dem siebten Internodium ebenso. Bei 280maliger Vergrößerung sieht man an der braunen Wand der durch Jod und Schwefelsäure gefärbten verdickten Markzellen inwendig eine dünne grüne Membran, welche aus Cellulose besteht, mit Spuren derjenigen Substanz durchwebt, woraus die verdickte Wand besteht, welche braun gefärbt ist. Auch hier hat man also deutliche Beweise vom Hindurchschwitzen der die Wand verdickenden Substanz, und zwar von innen nach außen, insofern nämlich die Markzellen im unverdickten Zustande ohne Unterschied aus Cellulose bestehen und im verdickten Zustande die Cellulose inwendig gefunden wird.

Concentrirte Schwefelsäure, welche die dünnwandigen Markzellen sogleich auflöste, löst die verdickten nicht, macht sie aber wie die Holzzellen voluminös; beide zeigen auch hierin eine große Analogie; auch in den Markzellen kommen zahllose concentrische Schichten zum Vorschein.

Die Luftbehälter von Phytolacca decandra aus einem Internodium mittleren Alters scheinen aus sehr dünnwandigen

Zellen zu bestehen und sich demnach im allerjüngsten Stadium zu befinden. Sie werden durch Jod und Schwefelsäure sogleich blau, bedürfen aber doch concentrirterer Schwefelsäure, um eine dunklere blaue Farbe zu erhalten. In andern Internodien von Phytolacca decandra, wo man getüpfelte und ungetüpfelte Markzellen findet, herrscht unter dem Einflusse derselben Agentien eine bedeutende Verschiedenheit. Die getüpfelten bleiben citronengelb, die anderen werden schön blau.

Die Markzellen von Asclepias syriaca färben sich sämmtlich durch Jod und Schwefelsäure rein blau, Fig. 2 e, Fig. 3.

Die Markzellen von Clematis vitalba lassen unter der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure zwei Schichten erkennen, eine innere, welche blau, und eine äußere, welche gelb wird.

Die Markzellen eines zweijährigen Zweiges von Tilia parvifolia zeigen nach der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure einen äußeren gelben und einen innern blauen Rand. Es giebt hier also zwei Schichten. Tüpfel sind nicht darin enthalten. Die von Taxus baccata werden selbst in älteren Theilen der Zweige durch Jod und Schwefelsäure augenblicklich blau.

Nach zweitägiger Behandlung mit concentrirter Salzsäure werden die Markzellen von Pinus sylvestris braun, hie und da violett. Daraus läßt sich mit Sicherheit auf die Gegenwart von Protein schließen. Auf dieselbe Weise behandelt, bleiben die dünnwandigen Markzellen von Hoya cornosa ungefärbt, die dickwandigen werden dagegen violett. In einer jeden der dickwandigen sieht man einen utriculus internus. Endlich zeigen die Markzellen von Tilia parvifolia, aus einem jungen Zweige genommen, einen violetten Inhalt, aber die Wand selbst bleibt ungefärbt, während die eines einjährigen Zweigs von Clematis vitalba vollkommen farblos sind (Harting und M.).

Aus obigen Beobachtungen folgt, daß die Markzellen sehr verschiedene Stoffe enthalten; im jugendlichen Zustande reine Cellulose; die sich verdickenden Zellen — was nach außen zu geschieht — enthalten eine äußere Schicht von mittlerer Holzsubstanz (mit Protein durchwebt), ohne die bei den Holzzellen darüber liegende Schicht. Dadurch unterscheiden sie sich also von den Holzzellen. Die von Hollunder sind besonderer Art; in Phytolacca fanden wir mit der Cellulose noch eine andere Substanz gemengt.

Es läßt sich daher für die chemische Zusammensetzung des Markes keine allgemeine Formel aufstellen. Nichts desto weniger ist dies geschehen.

Schaffner hat nämlich das Mark der Pflanzen analysirt (Ann. der Ch. und Pharm., April 1844, S. 148). Er hat dasselbe im Anfange des August aus verschiedenen Pflanzen genommen und mit Wasser, Alkohol und Aether ausgezogen. Stickstoff ist nach ihm nicht darin enthalten.

Er erhielt folgende Zahlen für ein bei 100° im Wasserbade getrocknetes Mark von

	Hollunder.	Lappa major (Bardana.)	Sonnenblumen.
C	43,85	45,45	44,90
H	6,40	6,13	6,60
O	49,75	48,42	48,50

bei 150° getrocknet:

	Hollunder	Bardana
C	47,80	48,10
H	6,00	5,95
O	46,20	45,95

Er zieht daraus den Schluß, daß das Mark wie das Amylum und die Holzfasern aus Kohlenstoff und Wasser bestehen; aber Holzfasern sind zusammengesetzte Organe der Pflanzen. —

Obige Analysen können außerdem unmöglich richtig sein.

Denn leitet man die Zusammensetzung des bei 100° getrockneten Hollunder- und Bardanamarks aus denjenigen Zahlen ab, welche die bei 150° getrockneten Substanzen gegeben haben, so correspondiren die Resultate nicht.

Wir haben für das Hollundermark ganz andere Zahlen erhalten. Aus dem zweiten und vierten Internodium, von der Spitze an gerechnet, gab das im Monat August genommene Mark, nachdem es mit Wasser, Alkohol und Aether ausgezogen und bei 150° getrocknet war, folgende Zahlen;

	zweites Internodium.	viertes Internodium.
C	49,40	49,17
H	6,05	5,97
O	44,55	44,86 *)

Wir erhielten außerdem ohngefähr 2% Asche. Jene Resultate zeigen, daß Hollundermark in nicht ganz jugendlichem Alter (S. 470) nicht zu denjenigen Verbindungen gehört, welche aus Kohle und den Elementen von Wasser bestehen. Es verdient weiter untersucht zu werden, um so mehr, weil man darin ein reines Gewebe hat.

Die Luftbehälter (junges Gewebe von Phytolacca decandra, dessen Verhalten oben angegeben ist) haben Zahlen gegeben, denen die Formel $C_{24}H_{38}O_{19}$ entspricht. Sie waren mit Wasser, Alkohol und Aether ausgezogen und bei 140° getrocknet;

			At.	ber.
C	46,19	46,57	24	46,14
H	6,04	5,98	38	5,98
O	47,77	47,45	19	47,88 **)

Sie enthielten 2% Asche. Jene Analysen zeigen, daß, obgleich sie noch zu denjenigen Geweben gehören, welche durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt werden, die Stärke

*) Scheik. Onderz. Deel. III.

**) Scheik. Onderz. Deel. III.

der Schwefelsäure, welche nöthig ist, um die Färbung hervorzubringen, zu einer bereits erlittenen Veränderung im Verhältniß steht. Sie bestehen nicht mehr aus Cellulose allein, sondern nähern sich dem Gewebe des Irissamens (S. 464).

Wir sind demnach weit entfernt, das Mark für ein Gewebe zu halten, wie es Schaffner zu thun scheint, eine Annahme, die offenbar für das Hollundermark, wenn man es unter dem Mikroskop gesehen hat, ungereimt ist.

Holzzellen.

Die Holzzellen verdienen etwas näher ins Auge gefaßt zu werden. Wir haben sie der Einwirkung verschiedener Agentien ausgesetzt und glauben auf diese Weise zur Erkenntniß von Thatsachen gelangt zu sein, welche sich auf anderem Wege nicht leicht würden haben auffinden lassen. Ich werde mit der Beschreibung jener Versuche beginnen.

Die Holzzellen von Pinus larix aus einem Zweige mit vier Jahrringen erleiden auf dem Querdurchschnitte durch Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) verschieschiedene Veränderungen, die mit dem Alter eines jeden Jahrringes variiren. Die Zellen der innersten Jahrringe zeigen auf dem Querdurchschnitte eine dicke aufgeschwollene Schicht von grüngelber Farbe, und um dieselbe einen braunen Rand. Diejenigen Holzzellen, welche dem jüngsten oder äußersten Jahrringe angehören, zeigen im Innern ein blaues Häutchen, um dasselbe einen breiten (aufgeschwollenen) Rand mit grünlichblauer Farbe, und endlich außen einen braunen Rand. Auf dem Längsdurchschnitte beobachtet, erscheinen sie in der Mitte grün, an den Kanten braungelb (Fig. 20 und 21). Bei Tilia parvifolia, Fig. 22, 23, 25, sieht man in der Mitte eine dünne braune Schicht (utriculus?), darum eine blaßblaue Wand und eine äußere braune, also außer dem utriculus nur zwei Schichten. Nach einer halben Stunde ist das Blau

verschwunden und in Braun übergegangen. Bei dieser von außen beginnenden Farbenveränderung bleibt in der Mitte ein blaues mit einem kleinen braunen Kerne versehenes Kreuz übrig. In den Holzzellen der ausgebildeten Internodien eines einjährigen Lindenzweiges findet man beinahe ganz dasselbe. In den Spiralzellen des Holzes wird sowohl die innere Wand als die Spirale blau. Sie sind unregelmäßig zwischen den Holzzellen vertheilt. In älterem Holze werden jene Wände durch Jod und Schwefelsäure braun, gleichwie die äußerste Schicht der Holzzellen, Fig. 23.

Die Holzzellen von Sambucus nigra in einem diesjährigen Zweige werden von Salpetersäure dunkelgelb gefärbt, durch Zusatz von Ammoniak noch dunkler. Bei Asclepias syriaca, Fig. 2, sieht man nach der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure um die Holzzellen eine braune Schicht; darauf folgt eine grüne und inwendig eine blaue Schicht. Die Markstrahlenzellen erscheinen grün, a, wo sie durchschnitten sind; wo sie offen sind, blau. Es findet sich also auch hier eine doppelte Schicht, wovon die innere Cellulose, die äußere eine eigenthümliche Substanz ist, welche dieselben Reaktionen giebt, die wir S. 456 in der äußersten Schicht der vasa scalaria gefunden haben. In einem sehr jungen Internodium werden die Holzzellen unter dem Einfluß derselben Reagentien durch und durch blau, ohne andere Stoffe zu zeigen, außer einem utriculus internus. Eine braune Hülle der Zellenwand ist nicht zu entdecken; welche also sicher erst dann entsteht, nachdem das erste Zellenhäutchen aus Cellulose gebildet ist, Fig. 6. Die blaue Färbung, welche man in älteren Holzzellen bei den inwendig liegenden Stoffen wahrnimmt, beweist, daß andere Substanzen durch die Zellenwand hindurchschwitzen, welche letztere daher ursprünglich vorhanden sein muß und aus Cellulose besteht.

In einem jungen Internodium von Phytolacca decandra sieht man ebenfalls den ganzen Querdurchschnitt der

Holzzelle von Jod und Schwefelsäure blau gefärbt und leicht aufgelöst werden. In einem älteren Internodium verhält sich die Sache anders; man unterscheidet hier auf dem Querdurchschnitt vier Schichten: auswendig eine dünne braune scharf begrenzte Hülle; darauf folgt ein angeschwollener grüner, weiterhin ein blauer Saum, der mit dem grünen verschmilzt; und endlich unterscheidet man inwendig noch einen sehr dünnen braunen Rand. Nimmt man letzteren für den utriculus internus, so haben wir wieder dieselben drei Stoffe, also einen mehr, als wir bei den vasa punctata gefunden haben, nämlich denjenigen, welcher hier grün erscheint. Dieser und die braune Schicht scheinen also wieder außerhalb der Cellulosewand gebildet und wirklich Inkrustirungen zu sein; denn die jungen Holzzellen enthalten außer dem utriculus internus Nichts als eine Celluloseschicht.

In allen Holzzellen bringt concentrirte Salzsäure, womit dünne Stückchen achtundvierzig Stunden lang in einem bedeckten Gefäße der Luft ausgesetzt werden, die violette Färbung hervor, wodurch sich die Gegenwart von Protein zu erkennen giebt; z. B. in einem zweijährigen Zweige von Clematis vitalba, Tilia parvifolia, Fig. 24. In Hoya carnosa war die Färbung noch weiter fortgeschritten, die violette Substanz von Bourdois und Caventou hatte sich in Humussäure verwandelt. Die jüngsten Holzzellen waren ungefärbt geblieben, woraus hervorgeht, daß die eiweißartige Substanz erst später darin abgesondert wird. Die Holzzellen von Pinus sylvestris werden stark violett, Fig. 17.

Wenn man Holzzellen vierundzwanzig Stunden lang bei 60° mit concentrirter Kalilauge digerirt, so schwellen sie stark an und werden mehr oder weniger gelb oder braun, z. B. in Pinus sylvestris, Hoya carnosa.

In einem jungen Internodium von Clematis vitalba sieht man bei den jungen Holzzellen, wo noch keine Verdickung Statt gefunden hat, die ganze Zelle unter der

der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) sich blau färben, ohne daß die geringste Menge einer äußeren sich bräunenden Schicht zum Vorschein kommt, Fig. 30. Dagegen ist in einem älteren Internodium jene braune Schicht vorhanden, und zwar ist sie auf der inneren Seite unmittelbar mit einer Celluloseschicht bekleidet, ohne dazwischenliegende mittlere Holzsubstanz. Letztere scheidet sich also erst später in einer dritten Entwickelungsperiode zwischen jenen beiden ab, sowie sich in der zweiten Periode die Haut der Holzzellen um die Celluloseschicht ablagert. Beide sind natürlich aus Bestandtheilen des Zelleninhaltes gebildet, welche die Wände der Celluloseschicht durchdrungen haben. Bei dieser Art der Holzzellen ist demnach die Inkrustation von Außen außer Zweifel gestellt.

Die kurzen Holzzellen von Clematis vitalba wurden in einem zweijährigen Zweige beobachtet; sie waren vollkommen entwickelt, Fig. 31 — 37. Durch die Reaktion mit Jod und Schwefelsäure lassen sich drei Wände unterscheiden: eine innere, welche blau, eine äußere, welche braungelb, und eine dazwischenliegende, welche gelblich weiß wird. Sie sind sowohl auf dem Längs- wie auf dem Querdurchschnitt deutlich sichtbar. Auf dem Querdurchschnitt sieht man die innere schwach grüne Celluloseschicht und um dieselbe, besonders unter der Einwirkung concentrirter Schwefelsäure, eine angeschwollene Wand, welche aus fünf oder mehr concentrischen Schichten besteht, wovon die äußersten bräunlich sind; die Farbe der innern Schichten verschmilzt mit der umschlossenen blauen Mambran. Sie sind auswendig von einem dünnen braunen Saum umgeben, Fig. 36. — In einem ausgewachsenen Internodium eines einjährigen Zweiges sieht man auf dem Querdurchschnitt nur die sich bräunende Schicht der Zellen und unmittelbar daran die Celluloseschicht grenzen, welche hellblau ist, Fig. 31, 32, 33, 34. Da nun in einem älteren Zweige, zwischen jenen beiden, fünf verschiedene Lagen

einer von beiden verschiedenen Substanz sich finden, so kann die Absonderung derselben erst später Statt gefunden haben.

Die Tüpfel, welche in jenen Holzzellen von Clematis vorkommen, gehören den entwickelten Holzzellen an, gleich wie diejenigen, welche hier in den Markzellen gefunden werden, zu den beiden innersten Reihen, der Celluloseschicht und der der mittleren Holzsubstanz gehören, während die dritte oder äußere Schicht der Holzzellen nicht durchbohrt ist; bei den vasa porosa findet man gerade die äußerste Schicht durchbohrt.

Die Markstrahlenzellen eines zweijährigen Zweiges werden durch Jod und Schwefelsäure augenblicklich blau.

In Taxus baccata ist die Färbung der Holzzellen unter dem Einflusse von Jod und Schwefelsäure der Art, daß man auswendig auf dem Querdurchschnitt einen gelben Rand sieht, darunter einen sehr schönen blauen, worauf Spiralwindungen folgen, Fig. 19. Die mittlere Wand schwillt in concentrirter Salpetersäure stark an und färbt sich auf Zusatz von überschüssigem Ammoniak so dunkelgelb, daß der terschied zwischen den drei Schichten ganz verschwindet. In concentrirter Schwefelsäure schwellen alle drei an, die mittelste aber am stärksten, so daß dadurch die äußere zerreißt. Jene wird darauf mit Hinterlassung der äußern und innern Schicht aufgelöst (Harting und M.).

Aus allen jenen Thatsachen geht hervor, daß die innere Schicht der entwickelten Holzzellen Cellulose ist, daß eine eigenthümliche mit Protein durchwebte Substanz sie umgiebt und daß endlich diese von einer dritten, der äußersten Schicht umschlossen ist, welche sich hinsichtlich ihrer chemischen Natur wieder von den beiden andern unterscheidet.

Die Cambiumzellen, deren Wände nach Mohl eine Fortsetzung der äußern Schicht der Holzzellen sind und welche für junge Holzzellen gehalten werden müssen, verhalten sich Jod und Schwefelsäure gegenüber ganz anders als jene

Schicht. In Pinus sylvestris, Fig. 16 a, werden sie schön blau, während die äußere Schicht der entwickelten Holzzellen, wie immer, braun gefärbt ist. Die Cambiumzellen scheinen also aus reiner Cellulose zu bestehen, und haben deshalb mit der äußern Schicht der Holzzellen nicht nur Nichts gemein, sondern das Cambium verdient wirklich einen besondern Namen, so lange es Cambium ist. Von verschiedenen Schichten ist hier Nichts zu entdecken. Um so mehr glauben wir sie von den eigentlichen Holzzellen unterscheiden zu müssen, weil in Pinus letztere unter dem Einfluß der genannten Reagentien aufschwellen, so daß die äußere Schicht barst, und weil die inneren Schichten, wie es schien, nur sehr wenig Cellulose enthielten. Außer einem kreuzförmigen Inhalte (Ueberbleibsel des utriculus internus?), Fig. 16 b, zeigt sich im Innern nur eine aufgeschwollene bleifarbige Schicht. Wenn also in Pinus das Cambium in Holzzellen verwandelt wird, so muß das Celluloseschläuchen größtentheils durch eine andere Substanz angefüllt und außerdem noch durch andere Stoffe umgeben werden. Entwickelte Holzzellen und Cambiumzellen sind also hinsichtlich ihrer Struktur durchaus verschieden. Da sie indessen später in Holzzellen übergehen, so kann man sie in diesem Sinne auch junge Holzzellen nennen.

Aus dem früher (S. 209) Mitgetheilten ergab sich, daß in den harten Steinfrüchten die Holzsubstanz im Allgemeinen — d. h. Alles zusammengenommen, was zu den Holzzellen gehört und von der geringen Menge Stickstoff, welche darin vorkommt, abgesehen — aus $C_{64}\ H_{88}\ O_{39}$ zusammengesetzt ist, und daß, wenn man davon $C_{24}\ H_{42}\ O_{21}$, oder Cellulose, abzieht, für die inkrustirende Substanz die Formel $C_{40}\ H_{46}\ O_{18}$ übrig bleibt; eine Formel, welche den so eben mitgetheilten Beobachtungen zufolge die Zusammensetzung zweier Stoffe ausdrückt, nämlich der äußeren Schicht der Holzzellen und der mittleren oder eigentlich verdickenden Wand, die inwendig mit der dritten oder Cellulose-

schicht verschmilzt. Der utriculus internus ist zu dünn, um auf das Resultat der Analyse einen Einfluß zu haben.

Diejenigen Stoffe, welche aus $C_{40}\,H_{46}\,O_{18}$ bestehen, müssen an dieser Stelle in Erwägung des wichtigen Einflusses der Holzbildung auf die Funktionen der Pflanzen ein wenig näher in's Auge gefaßt werden, um so mehr, da Payen in seinen Mémoires sur les développements des Végétaux p. 253 hierauf bezügliche Beobachtungen mitgetheilt hat, welche mit den Versuchen von Fromberg *) im Widerspruch stehen.

Mit Grund glaubte ich bei der Frage über die Zusammensetzung des Holzes von den harten Steinfrüchten ausgehen zu müssen, worin die am meisten condensirte Holzsubstanz vorkommt. Die Analysen von C. H. von Baumhauer, welche die untenstehenden Resultate gegeben haben, wurden mit den Fruchthüllen von Cocos nucifera, Cocos lapidea, Amygdalus persica und Juglans regia angestellt **).

Payen ist bei Untersuchung der harten Holzarten und den verhärteten Massen in den Birnen zu denselben Resultaten gelangt ***).

---

*) Scheik. Onderz. Deel II. p. 222.

**) Scheik. Onderz. Deel II. p. 208.

	Cocos nucifera.	Cocos lapidea I	Cocos lapidea II
C	52,99	52,27	52,15
H	5,88	5,87	5,73
O	41,13	41,86	41,12

Amygdalus persica,
mit concentrirter Kalilauge ausgezogen.

	I	II	III
C	52,20	52,05	52,21
H	5,83	5,92	6,10
O	41,97	42,03	41,69

Juglans regia

	I	II	III
C	52,17	52,13	52,36
H	5,97	5,99	5,76
O	41,86	41,88	41,88

	At.	ber.
C	64	52,38
H	88	5,88
O	39	41,74.

***) Mém. sur les développements des Végétaux, p. 260 und 267.

Da nun feststeht, daß die innere Zellenwand der verdickten Holzzellen permanent ist, und da sie ursprünglich aus Cellulose besteht, welche nach der Einwirkung von Kali zurückbleibt *), so ist bei der constanten Zusammensetzung der harten Holzarten und Steinfrüchte einigermaßen Grund vorhanden, die oben (S. 209) angegebene empirische Formel für hartes Holz:

$$C_{64}\ H_{88}\ O_{39}$$

für die richtige zu halten, und die Zusammensetzung der mittleren und äußeren Schicht zusammengenommen durch die Formel $C_{40}\ H_{46}\ O_{18}$ auszudrücken.

Die anderen weniger festen Holzarten verdienen übrigens gleichfalls berücksichtigt zu werden. Es kann darin eine andere inkrustirende Substanz, oder die inkrustirende Substanz und Cellulose in einem andern Verhältniß vorhanden sein. Daß sie Cellulose enthalten, haben Payen und von Baumhauer bewiesen. Letzterer fand, als er Holz vom Goldregenbaum, der Ulme und dem Tulpenbaum (Cytisus laburnum, Ulmus campestris, Liriodendron tulipifera) mit Chlor und darauf mit Kali behandelte, daß Cellulose zurückblieb **).

	St. Luciusholz.	Ebenholz von Madagascar.
C	52,90	52,85
H	6,07	6,00
O	41,03	41,15.

Verhärtete Massen in den Birnen

	I	II	III
C	52,04	52,97	52,61
H	6,21	6,22	5,67 (?)
O	41,75	40,81	41,72.

*) Von Baumhauer fand (Scheik. Onderz. Deel II. p. 198) für Cocos nucifera nach vorhergegangener Behandlung mit Kali und Chlor:

			At.	ber.
C	43,72	43,73	24	43,70
H	6,14	6,08	42	6,25
O	50,14	50,19	21	50,05

**) Scheik. Onderz. Deel II, p. 205.

	Goldregenb.	Ulmen.	Tulpenb.
C	44,65	43,81	44,12
H	6,09	6,03	6,11
O	49,26	50,16	49,77

Aber die Zusammensetzung des Holzes selbst weicht von der der harten Holzarten *) bedeutend ab, und ist so beschaffen, daß man darin eine andere inkrustirende Substanz vermuthen muß. Auch ist sie wenig constant; vielmehr nimmt der Kohlenstoffgehalt bald mehr, bald weniger ab. So ist die Formel für das Holz von Cytisus laburnum und Ulmus campestris:

$$C_{64}\ H_{94}\ O_{45}\ **)$$

dessen Zusammensetzung sich also von dem Holze der härteren Holzarten durch $H_6\ O_6$ unterscheidet; das Holz von Liriodendron hat die Formel $C_{64}\ H_{96}\ O_{47}$ ***), oder eine Zusammensetzung, welche durch $H_8\ O_8$ von der der harten Holzarten abweicht.

Dabei ist übrigens nicht zu vergessen, daß jene Analysen uns den Ausdruck für vier verschiedene Stoffe geben, wovon der eine, nämlich das Eiweiß, im Allgemeinen nicht für unwesentlich zu halten ist. Man braucht nur Holzsägespäne mit Salpetersäure und darauf mit Ammoniak zu übergießen, um, welches Holz man dazu auch angewandt haben mag, doch immer eine durch xanthoproteinsaures Ammoniak stark gelb gefärbte Gallerte zu bekommen (siehe Scheik. Onderz. Deel III.).

Die obigen Formeln drücken also die Zusammensetzung von vier verschiedenen in abweichenden Verhältnissen gemengten Stoffen aus, die, so weit unsere Erfahrung reicht, in

*) Von Baumhauer fand für jene drei Holzarten, nachdem sie mit Alkohol, Aether, Salzsäure und Wasser ausgezogen waren:

	Goldregenb.	Ulmen.	Tulpenb.
C	49,11	49,52	47,76
H	5,97	5,98	5,89
O	44,92	44,50	46,35

**)

	At.	ber.
C	64	49,02
H	94	5,70
O	45	45,28

***)

	At.	ber.
C	64	47,81
H	96	5,87
O	47	46,32

allen Holzarten, wenigstens in den weichen, die nämlichen sind. Die äußerste Schicht nimmt bei den entwickelten Holzzellen, nachdem sie eine gewisse Dicke erlangt haben, nicht merkbar zu; die innere oder Celluloseschicht scheint fast ganz so zu bleiben, wie sie ursprünglich war; aber die mittelste Schicht wächst und dringt in die innere ein, so daß dadurch das Lumen der Zelle abnimmt; damit vermehrt sich zugleich der Gehalt des Holzes an Protein, welches sich vorzugsweise in der mittleren Schicht absetzt.

Daß übrigens die ansehnliche Menge Protein und mittlerer Holzsubstanz bei verschiedenen Holzarten nicht gleich ist, läßt sich sehr einfach aus der Stärke der Färbung entnehmen, welche Holzsägespäne durch Salpetersäure und Ammoniak erleiden; denn Fuhren- und Tannenholz wird durch Einwirkung jener Agentien stärker gelb gefärbt, als Eichenholz, obgleich letzteres weit mehr von der mittleren Holzsubstanz enthält, als jene.

So werthvoll daher auch die Analysen des Holzes sind, so fehlt doch bei den meisten die Bestimmung des Stickstoffgehaltes, woraus sich die Menge des beigemengten und in der mittleren Schicht wenn nicht ausschließlich, doch vorzugsweise enthaltenen Proteins berechnen läßt. Die einzigen brauchbaren Bestimmungen der Zusammensetzung des Holzes sind die von Chevandier (Annales de Chim. et de Phys. Fevr. 1844, p. 129). Er fand bei einer mit den schon angeführten Zahlen übereinstimmenden Kohlenstoff- und Wasserstoffmenge einen Gehalt an Stickstoff, welcher bei den verschiedenen Holzarten zwischen 0,67 und 1,52% variirte, und der einer Menge Protein entspricht, welche $1/_{24}$ bis $1/_{11}$ vom Gewicht des Holzes ausmacht.

Ich theile hier eine von Chevandier's Analysen mit, um daraus das Verhältniß der Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstoffatome für ein Gemenge der die äußere Schicht und die mittlere Holzsubstanz zusammensetzenden Stoffe abzuleiten.

Ich wähle dazu seine erste Analyse p. 143 von Buchenholz (C=75, H=6,25):

	gefunden.	relative Anzahl der Atome.
C	49,71	663
H	5,98	957
N	0,88	10
O	43,43	434

Wenn wir erwägen, daß hier ein Gemenge von vier Verbindungen, nämlich von Protein, Cellulose, äußerer und mittlerer Holzsubstanz analysirt ist, so stellen sich folgende Verhältnisse heraus:

	C	H	N	O
	663	957	10	434
Protein	40	62	10	12
	623	895	0	422
Cellulose	24	42		21
	599	853		401

Das Verhältniß der letzten Atomzahlen, welche die Zusammensetzung der äußeren und mittleren Holzsubstanz ausdrücken, ist ein solches, daß es den nachstehenden Zahlen sehr nahe entspricht:

C 40
H 57
O 27

Davon macht die Substanz der äußeren Schicht vielleicht $\frac{1}{5}$—$\frac{1}{10}$ aus; das Uebrige ist die die Zellenwand verdickende Holzsubstanz.

Ich führe diese Thatsachen weniger an, um etwas rein Wissenschaftliches zu liefern, als um darauf aufmerksam zu machen, wie verkehrt es ist, das Ganze Holzsubstanz zu nennen und die Holzfaser (?) für eine Verbindung von Kohlenstoff mit Wasser zu halten.

Ich kann diese Betrachtungen nicht schließen, ohne noch einmal darauf zurückzukommen, daß, wie wir S. 447 gesehen

haben, die Zusammensetzung der Holzsubstanz und der Spiralfasern, welche frei von Protein, von Cellulose und von der äußersten Schicht der Holzzellen sind, der Formel: $C_{40} H_{36} O_{26}$ entspricht, während die Analysen von Chevandier, welche mit der, die äußere Schicht noch enthaltenden, aber ebenfalls Protein- und Cellulose-freien Holzsubstanz angestellt sind, zu der Formel $C_{40} H_{37} O_{27}$ geführt haben. Es ist beachtenswerth, daß man auf zwei verschiedenen Wegen zu dem nämlichen Resultate gelangt ist, und es wird dadurch die Ansicht einigermaßen wahrscheinlich, daß die mittlere Holzsubstanz mit der äußeren Schicht der Holzzellen gleiche procentische Zusammensetzung hat, wobei sie natürlicher Weise immer ein zusammengesetzter Körper sein kann.

Obige Zusammensetzung ist übrigens nur für die Holzsubstanz der Spiralfasern von Agave und der Buche gefunden. Die harten Steinfrüchte haben für die äußere und mittlere Schicht zusammengenommen ein anderes Resultat gegeben, nämlich die Formel $C_{40} H_{24} O_{18}$; sie enthalten indessen alle Ulmin und sind davon mehr oder weniger braun gefärbt. Ich glaube daher für jetzt der Ansicht huldigen zu müssen, daß die mittlere Holzsubstanz eine einfache Verbindung, und daß die äußere Schicht der Holzzellen mit jener isomerisch ist; ferner, daß jene in weichem oder jungem Holze überwiegt, und daß endlich in harten Steinfrüchten die nämliche Substanz enthalten ist, welche in den harten Holzarten angetroffen wird, aber daß die beiden letzteren durch den Ulmingehalt in ihrer Zusammensetzung von dem weichen Holze abweichen.

So weit erstreckt sich gegenwärtig unsere Kenntniß der Holzsubstanz; der Gegenstand ist, wie man sieht, noch lange nicht erschöpft, und wird nur mit großer Mühe in's Reine zu bringen sein. Die Versuche von Payen haben uns um nichts weiter gebracht, sondern nur noch mehr verwirrt. Zersetzungsprodukte können uns hier nicht helfen.

Dies möge zur Vervollständigung dessen dienen, was oben S. 209 hierüber angeführt ist zu einer Zeit, wo die so eben mitgetheilten mikroskopischen Untersuchungen der Holzzellen noch nicht angestellt waren. Ich muß hier noch bemerken, daß die Holzbildung aus Dextrin eine reiche Quelle der Sauerstoffentwickelung der Pflanzen ist. Wenn wir von der Zusammensetzung der Holzsubstanz der Spiralfasern von Agave, oder von der der äußeren und mittleren Schicht der Holzzellen nach der Untersuchung von Chevandier ausgehen, so müssen zwei Atome Sauerstoff frei werden, wenn vier Aeq. Dextrin in jene Substanz übergehen:

Dextrin	$C_{40}\ H_{80}\ O_{40}$
Holzsubstanz	$C_{40}\ H_{56}\ O_{26}$
	$H_{24}\ O_{14}$
	$H_{24}\ O_{12}$
	O_2

Bei der Bildung des Gemenges, dessen Brutto-Formel aus den harten Holzarten abgeleitet ist — und wovon ohne Zweifel in verschiedenen Holzarten eine größere oder geringere Menge angetroffen wird, da bei dem sehr constanten Wasserstoffgehalte in allen Holzarten (5,8—5,9—6,0) der Kohlenstoff, obschon in Sprüngen, von 48 auf 52,5% steigt — ist die Sauerstoffmenge, welche frei wird, größer.

Dextrin	$C_{40}\ H_{80}\ O_{40}$
Holzsubstanz	$C_{40}\ H_{46}\ O_{18}$
	$H_{34}\ O_{22}$
	$H_{34}\ O_{17}$
	O_5

Ich will noch die Versuche von Payen mittheilen. Er hat (Mém. sur les développements des Végétaux p. 271) Holz mit Wasser, Alkohol, Säure und verdünnter Kalilauge ausgezogen, und meinte, die inkrustirende Substanz durch concentrirte Natron- oder Kalilauge unverändert

auflösen und durch Salzsäure wieder fällen zu können. Der mit Wasser ausgewaschene Niederschlag wurde getrocknet und mit Alkohol ausgezogen. Aus der weingeistigen Lösung schied sich ein pulverförmiger Niederschlag ab, und beim Abdampfen der Mutterlauge blieb eine ähnliche Substanz zurück. Diese feste Masse wurde darauf mit Aether extrahirt, worin ein Theil sich auflöste, ein anderer Theil ungelöst blieb. Ammoniak zieht daraus ebenfalls eine lösliche Verbindung mit Zurücklassung einer unlöslichen Substanz aus. Er hat allen jenen Stoffen besondere Namen gegeben, wie folgt: Lignose ist die in Wasser, Alkohol, Aether und Ammoniak unlösliche, in Kali und Natron lösliche Substanz *); Lignon, der in Wasser, Alkohol und Aether unlösliche, in Ammoniak, Kali und Natron lösliche Theil **); Lignin, was sich in Wasser und Aether nicht löst, aber in Alkohol, Ammoniak, Kali und Natron löslich ist ***); und endlich Lignireose, der in Wasser wenig, aber in Alkohol, Aether, Ammoniak, Kali und Natron leicht lösliche Theil.

So schön dies Alles scheint, so ist es leider ganz werthlos. Denn erstlich wird durch concentrirte Kalilauge, womit das Holz behandelt wurde, ein Theil der Cellulose aufgelöst und diese durch Salzsäure wieder gefällt; und zweitens hat man es mit einer Reihe von Produkten zu thun, welche aus der Einwirkung des Alkalis auf die inkrustirende Substanz, die wir oben mittlere Holzsubstanz genannt haben, hervorgegangen sind, von denen vielleicht kein einziges als sol-

---

*) C 46,10
H 6,09
O 47,81

**) C 50,10
H 5,82
O 44,08

***) C 62,25
H 5,93
O 31,82

ches in dem Holze vorkommt, und unter denen humusartige Körper sind, welche so leicht aus der mittleren Holzsubstanz entstehen.

Die Unrichtigkeit der Resultate, wenigstens der Schlüsse, welche Payen daraus zieht, geht aus einer ausführlichen Untersuchung von Fromberg *) auf's Deutlichste hervor.

Es wurde Ulmenholz mehrere Tage lang mit einer sehr schwachen Kalilösung (5 Th. auf 750 Th. Wasser) in der Wärme behandelt, und dies mit erneuerter Lauge einige Male wiederholt. Die Flüssigkeiten waren darnach immer braun gefärbt, was beweist, daß wirklich eine Veränderung in der organischen Materie Statt gefunden hat. Aus den nach einander erhaltenen Abgüssen wurde durch Säure ein Körper gefällt, dessen Zusammensetzung nach der Behandlung mit Alkohol und Aether variirte, wie folgt:

C	64,12	57,83
H	6,17	5,93
O	29,73	36,24.

Das zurückgebliebene Holz hatte die Zusammensetzung:

C	50,10
H	6,17
O	43,73,

welche also von der ursprünglichen unveränderten Substanz wenig abweicht. Darauf wurde das Holz mit einer concentrirten Lauge (10 Th. auf 750 Th. Wasser) in der Wärme Tage lang wiederholt behandelt, wobei sich die Lauge weniger dunkel färbte, als die früher angewandte schwächere Lösung. Durch Säure wurde daraus abermals ein Niederschlag erhalten. Bei Anwendung einer noch stärkeren Kalilauge erhielt Fromberg für den mit Alkohol ausgezogenen Niederschlag, welcher nunmehr gallertartig und viel weniger gefärbt war:

*) Scheik. Onderz. Deel II. p. 222.

C	57,92	50,02
H	6,37	6,10
O	35,71	43,88

also wiederum veränderliche Mengen Kohlenstoff. Das Holz hatte jetzt die Zusammensetzung:

C	48,05
H	5,96
O	45,99

Offenbar enthält der letzte Niederschlag Cellulose und die inkrustirende Substanz ohngefähr in dem nämlichen Verhältnisse, wie sie im Holze vorkommen.

Daraus läßt sich sehr einfach der Schluß ziehen, daß durch verdünnte Kalilauge nicht nur Stoffe aus dem Holze ausgezogen, sondern auch zugleich chemisch zersetzt werden. Der Alkohol, womit das Holz ausgezogen war, blieb ungefärbt; derjenige, womit die Niederschläge behandelt wurden, nahm eine braune Materie auf, also ein Zersetzungsprodukt der mittleren Holzsubstanz unter dem Einfluß des Alkalis. Durch concentrirte Kalilauge wurden, nachdem die durch die verdünnte Lauge zersetzbaren Stoffe des Holzes getrennt waren, Cellulose und die mittlere Holzsubstanz ohngefähr in dem Verhältniß, wie sie im Holze enthalten sind, aufgelöst.

Es ist deshalb sehr leicht möglich, daß die inkrustirende Substanz des Ulmenholzes nicht aus einer einfachen, sondern aus mehreren Verbindungen besteht, wenngleich sie in allen verdickten Holzzellen als mittlere Schicht einfacher Natur ist; aber über ihre eigentliche Zusammensetzung wissen wir so gut wie gar nichts. Was Payen darüber angegeben hat, ist sicher nicht richtig; er hat Zersetzungsprodukte derselben, Cellulose, unverändertes Holz u. s. w. analysirt, und hat derartigen Gemengen obige Namen gegeben. Auch hat er auf die Substanz der äußeren Schicht der Holzzellen keine Rücksicht genommen, welche von der mittleren Holzsubstanz in allen Eigenschaften abweicht.

Fromberg erhielt bei der Digestion von Ulmenholz mit verdünnter Kalilauge (20 Th. auf 600 Th. Wasser) in der Kälte eine gefärbte alkalische Flüssigkeit, welche selbst noch dunkler war, als die früher in der Wärme bereitete Lösung, woran übrigens die größere Concentration dieser Lauge Antheil haben mag. Die Flüssigkeiten, mit denen das Holz wiederholt ausgezogen war, wurden durch Essigsäure gefällt; aber die Niederschläge ertheilten dem Alkohol und Aether, womit sie behandelt wurden, keine Färbung, wie die nach Digestion in der Wärme erhaltenen Fällungen. Sie gaben:

C	55,48	51,90	49,12
H	5,76	6,35	6,17
O	38,76	41,75	44,71.

Die Analyse des zurückgebliebenen Holzes gab:

C	51,81
H	6,36
O	41,83.

Nach jener Behandlung mit kalter Lauge wurde eine warme Kaliflüssigkeit (20 Th. auf 750 Th. Wasser) angewandt, darauf eine zweite von derselben Stärke und endlich eine Lauge, welche 50 Th. Kali auf 400 Th. Wasser enthielt. Die Niederschläge, welche nun erhalten wurden, färbten Alkohol braun und gaben, nachdem sie damit ausgezogen waren:

	I	II	III
C	61,08	56,59	49,44
H	6,18	6,23	6,16
O	32,74	37,18	44,40

Das nun übrig gebliebene Holz gab folgende Resultate:

C	50,41	50,60
H	6,32	6,11
O	43,27	43,29

Dies ist in der That die Zusammensetzung des unveränderten Holzes, wobei der Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt nur wenig höher ausfällt.

Die Niederschläge I, II und III weichen hinsichtlich ihrer procentischen Zusammensetzung wesentlich von denjenigen ab, die nach Behandlung mit kalter Lauge erhalten sind. Die Zahlen in III entsprechen der Zusammensetzung des reinen Holzes, in II findet man ein Gemenge von III und I, während I ein neues Zersetzungsprodukt enthält.

Das Holz vom Goldregen- und Tulpenbaum gab Fromberg andere Resultate als Ulmenholz; und es geht daraus unzweideutig hervor, was von Payen in Abrede gestellt ist, daß nämlich bei verschiedenen Holzarten oder bei verschiedenem Alter eines Holzes die Summe der Bestandtheile der beiden äußersten Schichten variirt, eine Abweichung, welche in einer Veränderung der mittleren Holzsubstanz selbst ihren Grund hat *).

Fromberg folgert aus jenen Versuchen, daß die inkrustirende Substanz aus mehreren Schichten besteht, die sich ihrer chemischen und physikalischen Beschaffenheit nach von einander unterscheiden, und daß der festere Zusammenhang mancher Schichten leichter durch kalte und concentrirte, als durch verdünnte warme Kalilauge aufgehoben wird. Einer der von Goldregenholz erhaltenen Niederschläge hatte nach seinen Versuchen genau dieselbe Zusammensetzung wie die Ulminsäure (S. 161), während er durch Einwirkung von bloßer Schwefelsäure, oder durch Schwefelsäure und Kali eine Reihe von Körpern darstellte, deren Zusammensetzung

*) Die Holzschwefelsäure, ohne Zweifel ein Gemenge von verschiedenen Körpern, ist kürzlich von Blondeau untersucht (Erdmann's und Marchand's Journal No. 15, 1844 S. 429). Die aus Baumwolle bereitete Verbindung kann unmöglich mit derjenigen identisch sein, welche aus Holz erhalten ist (siehe oben S. 435). Aus Baumwolle dargestellt, enthält sie die Bestandtheile der Cellulose; aus Holz bereitet, jene und noch einige andere.

Holzsägespäne, mit concentrirter Schwefelsäure übergossen und mit Wasser und Ammoniak ausgewaschen, zeigen unter dem Mikroskop sehr deutliche Plättchen der äußeren Schicht der Holzzellen. Diese waren aber mit ulminartigen Stoffen, die nicht davon getrennt werden konnten, so gemengt, daß ich von der ferneren Reinigung abstehen mußte.

uns immer noch keinen richtigen Begriff von der Natur der inkrustirenden Substanz des Holzes giebt, weil die Produkte bei geringem Unterschiede in der Stärke der angewandten Agentien, oder bei Untersuchung verschiedener Hölzer, stets verschieden ausfallen *).

Rindenparenchymzellen.

Die Rinderparenchymzellen verhalten sich wie Cellulose. In Hoya carnosa werden sie, sowohl im vierten als im zweiten Internodium durch Jod und Schwefelsäure dunkelblau, Fig. 1 Bc. In dem siebenten Internodium erscheinen sie grün, und besitzen demnach blau und gelb werdende Stoffe. Die darin vorkommenden Bastfasern stechen durch ihre hellblaue Farbe stark ab, d. Man sieht inwendig ein braungelbes Häutchen, auswendig keine besondere Hülle.

Concentrirte Schwefelsäure löst sie auf. Concentrirte Salpetersäure färbt sie im vierten Internodium nicht, auch nicht nach Zusatz von überschüssigem Ammoniak, Fig. 1 Ac. Sie enthalten also kein Protein.

Die Rindenzellen von Sambuccus nigra werden durch Salpetersäure nicht verändert, Jod und Schwefelsäure färbt sie blau.

In Clematis vitalba werden sie ebenfalls inwendig schön blau, schwellen an und zeigen eine sehr dicke braune Hülle, welche bedeutend stärker ist als diejenige, welche die etwas älteren Holzzellen umgiebt, übrigens aber mit der äußeren Holzsubstanz übereinzustimmen scheint.

---

*) Daß die mittlere Schicht der Holzzellen Pectinsäure enthält, und die äußere Schicht mit der cuticula der Pflanzen oder mit der Korksubstanz übereinstimmt, wie Harting glaubt (Scheik. Onderz. Deel III), ist gewiß nicht richtig. Ich habe indessen nicht das Vergnügen gehabt, meinen geehrten Collegen davon zu überzeugen.

Bei Tilia europaea werden die Rindenzellen durch Jod und Schwefelsäure unmittelbar blau (Harting und M.).

Bastfaserzellen.

Die Bastfaserzellen in Agave americana schwellen in Schwefelsäure (3 Th. auf 1 Th. Wasser) stark an und werden grünbraun; die Höhlung derselben verschwindet ganz. Nach einstündiger Einwirkung ist der ganze innere Theil der Zelle aufgelöst, und es bleibt eine äußere Schicht übrig, welche sich demnach von dem auf der inneren Seite anliegenden Theile wesentlich unterscheidet. Selbst nach 48 Stunden ist die äußere Schicht noch unverändert *).

Jod und Schwefelsäure (3 Th. auf 1 Th. Wasser) färbt die Bastfaserzellen braun. Nach Zusatz von concentrirter Schwefelsäure werden sie — während alle Merenchymzellen sich bläuen — gallegrün, Fig. 40 B, und es wird eine braune leicht zu unterscheidende Bekleidung oder auf dem Querschnitt der Zelle ein ähnlicher Rand sichtbar. Nach einiger Zeit geht die gallegrüne Farbe der mittleren Zellenwand mehr in blau über, und es zeigen sich concentrische Schichten; sie färbt sich zuletzt braun und wird endlich aufgelöst, wobei bloß die äußere, von Anfang an braune Schicht, die auch nach 48 Stunden noch übrig ist, Fig. 40 D, ungelöst zurückbleibt.

Diese Reaktion erinnert an die von Hartig (Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzen) unterschiedenen drei Schichten der Zellenwände: die Ptychode, die Astate und Eustate. Die Verschiedenartigkeit ist unzweifelhaft. In der mittleren Wand finden wir durch Jod und Schwefelsäure Cellulose, aber verhältnißmäßig wenig. Sie ist von einer unter dem Einfluß der Schwefelsäure sich braun färbenden, Ulmin bil-

*) Bromdampf färbt die Merenchym- und Bastfaserzellen bei Agave gelb; auf dem Querdurchschnitt kommt dadurch die Begrenzung der letzteren sehr deutlich zum Vorschein.

denden Substanz durchwebt; dies ist also mittlere Holzsubstanz, während die äußere Schicht der Zellenwand und die innere später braun werdende Schicht sich wie die äußere Holzzellensubstanz verhalten und deshalb wohl damit identisch sein können.

Die Bastfaserzellen von sehr junger Agave americana werden durch Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) inwendig braun und erhalten einen blauen Rand, Fig. 69 und 38. In älteren Blättern wird unter denselben Bedingungen jene blaue Färbung etwas grünlich (siehe vorige Seite); demnach erleidet die inwendig liegende Zellensubstanz mit der Zeit eine Veränderung, Fig. 39.

Die Bastbündel von Phormium tenax werden durch Jod und Schwefelsäure grünlich gefärbt, von concentrirter Schwefelsäure aufgelöst. Es bleibt hier nicht wie bei Agave eine äußere Wand übrig. In Hoya carnosa schwellen die Bastfaserzellen des zweiten Internodiums stark auf, und werden hellblau; sie zeigen auswendig keine braune Hülle, Fig. 1 Bd. In dem siebenten Internodium werden sie noch heller blau. Salpetersäure färbt sie nicht, auch nicht aus dem vierten Internodium, Fig. 1 Ad. Von concentrirter Schwefelsäure werden sie aufgelöst.

Die Bastfaserzellen von Sambuccus nigra in einem diesjährigen Zweige werden durch Salpetersäure gelb, durch Zusatz von Ammoniak im Uebermaß noch gelber.

Jod und Schwefelsäure färbt sie blau. Dasselbe findet bei Asclepias syriaca Statt, wo sich in jungen Internodien keine Spur einer Bekleidung der Bastfaserzellen zeigt, welche braun würde. Diese ist also auch, wie das Häutchen der Holzzellen, späteren Ursprungs und muß aus Stoffen gebildet sein, welche durch die Cellulosesschicht hindurchgeschwitzt sind.

Die Bastfaserzellen von Tilia parvifolia werden blau, schwellen an und zeigen eine äußerlich braune Wand und in

der Mitte einen braunen Punkt, welcher aus einer durch die Anschwellung zusammengedrückten Membran (utriculus internus?) entstanden ist. Die hellblaue ausgedehnte Wand zeigt hie und da concentrische Ringe. Durch die Ausdehnung der letzteren berstet endlich die braune äußere Schicht.

Die braune Membran, welche in jenen Bastfaserzellen nach Einwirkung der genannten Agentien zum Vorschein kommt, ist bei Clematis vitalba nicht zu sehen, während die Bastfaser übrigens hellblau wird; sie findet sich aber wieder bei Cicas revoluta. An der inneren Seite jener braunen Wand liegt ein stark angeschwollener mittlerer Theil von grüngelber Farbe, der in der Mitte ein blaues Kreuz hat, welches durch Zusammenschrumpfen der innersten Cellulosemembran entstanden ist. — In concentrirter Salpetersäure schwillt sie stark an.

Nach 48stündiger kalter Digestion mit concentrirter Salzsäure wurden die Bastfaserzellen von Clematis vitalba rosenroth, ein Beweis, daß sie Protein enthalten (Harting und M.).

Die Bastfaserzellen von Agave americana gaben, nachdem sie mit Wasser, Alkohol und Aether ausgezogen und bei 130° getrocknet waren, bei der Verbrennung folgende Resultate:

C	46,93	47,02
H	6,05	6,18
O+N	47,02	48,80 *).

Sie enthalten 2½% Asche, welche, mit Schwefelsäure übergossen, schwach aufbrauste.

Es würde nutzlos sein, eine jenen Zahlen entsprechende Formel zu suchen, da die analysirte Substanz viel Cellulose, etwas Protein, ein wenig mittlere Holzsubstanz und diejenige Verbindung enthält, welche wir äußere Holzzellensubstanz genannt haben. Durch Behandlung mit concentrirter Essig-

*) Scheik. Onderz. Deel III.

säure verloren jene Bastfaserzellen alle unorganischen Bestandtheile und ihr Protein und gaben bei der Analyse:

C 46,32
H 6,01
O 47,67 *).

Die Bastfaserzellen sind demnach hinsichtlich ihrer chemischen Natur von den Holzzellen nicht wesentlich verschieden.

Collenchym.

Das Collenchym, oder dasjenige Zellengewebe, welches bei manchen Pflanzen unter der Epidermis vorkommt, zeigt in Phytolacca decandra gegen Salpetersäure, Fig. 12 und 13, ein von dem Parenchym derselben Pflanze abweichendes Verhalten. Ein Querdurchschnitt aus dem dritten Internodium, von oben an gerechnet, wird nicht dadurch gefärbt, auch nicht auf Zusatz von Ammoniak, während der Zelleninhalt gelb wird. Die rautenförmigen Figuren, welche in Folge einer ungleichmäßigen Verdickung der Zellenwand entstehen und durch Einwirkung der Salpetersäure scharf begrenzt werden, und alsdann Kreissektoren gleichen, bleiben ungefärbt. Jene Substanz ist also offenbar von Cellulose verschieden.

In Opuntia brasiliensis wird das Collenchym durch Salpetersäure und auch nach Zusatz von überschüssigem Ammoniak nicht gefärbt, ebenso wenig das hier vorkommende Parenchym. In concentrirter Schwefelsäure schwellen die Wände der Collenchymzellen stark an und werden wie die Parenchymzellen nur etwas später unsichtbar. Ein ähnliches Anschwellen und Verschwinden der Zellenwände bewirkt concentrirte Kalilauge. Payen ist der Ansicht, daß

*) Scheik. Onderz. Deel III.

ein großer Theil derselben aus pectinsaurem Kalk besteht. Ihr Verhalten ist jedenfalls ein anderes, als das der reinen Cellulose, aber Pektinsäure kommt als solche nicht in den Pflanzen vor; dagegen findet sich eine Substanz, welche unter vielerlei Verhältnissen gallertartig werden kann: Pectose. Daß die im natürlichen Zustande schon sehr dicken Wände nicht bloß aus Pectose, sondern aus einer innigen Verbindung von Pectose und Cellulose bestehen, geht aus der Reaktion mit Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) auf's Deutlichste hervor, Fig. 14b. Pectose wird nämlich dadurch nicht, wie die Cellulose, gefärbt. Das Collenchym nimmt nun, wie das Parenchym, sogleich eine sehr schöne blaue Farbe an, ohne daß man etwas Heterogenes oder verschiedene Schichten wahrnimmt. Die Darstellung der Pectinsäure hat gelehrt, daß Pectinsäure innig mit Cellulose verwebt ist (Scheik. Onderz. Deel III.). Auf dem Querdurchschnitt sieht man in den Collenchymzellen, deren Wände sehr dick und aufgeschwollen sind, wellenförmige concentrische Ringe, wodurch eine Verschiedenheit in den Pectose- und Celluloseschichten angedeutet wird. Die äußere Wand der Zellen ist ganz farblos, so daß die Zellen durch einen hellen ungefärbten Rand von einander getrennt sind. Wahrscheinlich ist dies nichts anders als Pectose. Aber die Pectose durchsetzt noch zum Theil die Cellulosewand und bildet damit mehr oder weniger abwechselnde Schichten.

In Sambuccus nigra schwillt das Collenchym durch concentrirte Salpetersäure stark an und wird auf Zusatz von Ammoniak nicht weiter verändert. Jod und Schwefelsäure färbt dasselbe blau. Es ist also mit Pectose, wenn solche überhaupt darin vorhanden ist, Cellulose innig gemengt.

In Tilia parvifolia, und zwar in sehr jungen Zweigen, bringt Salpetersäure keine gelbe Färbung des Collenchyms hervor. Durch Jod und Schwefelsäure wird es dunkelblau, ohne daß irgend ein Zeichen für die Verschiedenartigkeit der

Stoffe in der Zellenwand sich zu erkennen giebt (Harting und M.).

Pectose, mit Cellulose durchwebt, scheint also wirklich die Zellenmembran in dem Collenchym auszumachen.

Cuticula.

Es ist schon längst bekannt gewesen, daß die Oberhaut der Pflanzen aus einer Zellenschicht besteht. Ad. Brongniart hat übrigens gezeigt, daß man durch Maceration eine dünne Membran von der Oberfläche der Pflanzen abscheiden kann, welche homogen oder körnig ist und sich von den Wänden der Epidermiszellen unterscheidet. Jene Membran bedeckt nach Brongniart fast die ganze Pflanze; sie heißt bei den Pflanzenphysiologen Cuticula und ist schon von Vielen, zuletzt auch von Mohl *) untersucht.

Die Cuticula wird durch Jod gelb, zuweilen auch braun gefärbt, in der Art, daß, wenn man eine Oberhaut auf dem Querschnitt mit Jod behandelt, die Wände der Epidermiszellen eine hellbraune, aber die äußerste Schicht (Cuticula) eine dunkelgelbe oder braune Farbe annimmt. Nach jener Färbung durch Jod werden erstere auf Zusatz von Schwefelsäure sehr schön indigblau, während die Cuticula unverändert bleibt.

Die Organe, welche nicht mit einer lederartigen Epidermis bedeckt sind, haben durchgehends eine sehr dünne Cuticula und zeigen daher bei der Färbung mit Jod nur eine sehr dünne braune Schicht.

Die Cuticula ist eine zusammenhängende Membran, glatt, mit parallel laufenden Streifen oder unregelmäßig vertheilten Erhabenheiten auf der Oberfläche. An den Theilen, welche

*) Linnaea. Bd. VI, Heft 5, S. 401.

...autzelle bedecken und damit zusammenhängen, ist ...ze zu finden, das Ganze erscheint vielmehr als ...endes Häutchen. Bisweilen ist die Cuticula sehr ...aß sie die Oberfläche wellenförmig oder in Falten und ihr mitunter auch eine körnige Beschaffenheit er... Sie ist also für ein Secretionsprodukt der äußersten ...hicht der Epidermiszellen zu halten (Mohl).

Die Cuticula, oder die Schicht, welche die Epidermiszellen bedeckt, ist ganz eigenthümlicher Art, und die Substanz, woraus sie besteht, hat mit der der Epidermiszellen, allen damit angestellten Reaktionen nach zu urtheilen, nichts gemein. In Aloë lingua bleibt sie mit den darauf sitzenden Warzen nach Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure ungelöst; sie wird dadurch sogar nicht einmal gefärbt. Auch nach viertägiger Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure ist sie noch unverändert. Rauchende Salpetersäure löst sie ebenfalls nicht im Mindesten auf, Fig. 8. — Durch Jod und concentrirte Schwefelsäure erleidet sie weiter keine Veränderung, als daß sie vom Jod braun gefärbt ist. Schichten sind in der Cuticula nicht wahrzunehmen.

Königswasser, Salzsäure und concentrirte Phosphorsäure üben auf die Cuticula keinen merklichen Einfluß.

Nach Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure oder von Jod und Schwefelsäure, und auch durch Phosphorsäure löst sich die Cuticula bei Aloë lingua an vielen Stellen ab, dadurch daß die Epidermiszellen aufgelöst werden, und bildet ein Häutchen, worin bei 300maliger Vergrößerung nichts Zellenförmiges und überhaupt nichts Besonderes zu bemerken ist. In sehr jungen, noch unentwickelten Blättern von Agave americana zeigt die Cuticula mit den genannten Reagentien genau dieselbe Reaktion, wie in alten Blättern.

Was hier über die Cuticula von Aloë lingua gesagt ist, gilt auch von Agave americana, Fig. 69, 70, 71, 72, wo man außer einer äußersten Schicht der Cuticula noch tiefer

liegende Theile derselben sieht, welche die äußerste Fläche der Epidermiszellen umgeben und aus der nämlichen Substanz bestehen, woraus die äußere mit Warzen bedeckte Schicht gebildet ist. Beide unterscheiden sich durch ihre Reaktionen nicht.

Concentrirte Salpetersäure färbt die Cuticula augenblicklich gelb; durch Zusatz von überschüssigem Ammoniak wird die Farbe noch intensiver.

Schwefelsäure (3 Th. auf 1 Th. Wasser) färbt die Cuticula nicht, noch löst sie dieselbe auf; nach einstündiger Einwirkung ist sie gelb geworden; nach 48 Stunden ist keine weitere Veränderung, selbst keine Anschwellung wahrzunehmen.

Durch Jod und Schwefelsäure (3 Th. auf 1 Th. Wasser) wird die Cuticula bei Agave braun, und nach unten sieht man deutlich ihre Abgrenzung. Wenn man darauf concentrirte Schwefelsäure hinzufügt, so behält die Cuticula ihre Farbe, und die Epidermiszellen werden, so weit sie von der Cuticula nach unten zu nicht bedeckt sind, gleich den Merenchymzellen blau. Durch diese Reaktion tritt namentlich die verschiedene Natur der Substanzen, woraus die Epidermiszellen und die Cuticula bestehen, deutlich hervor. Nach 48 Stunden sind die ersteren aufgelöst, und die Cuticula bleibt gezahnt oder unterwärts halbrund ausgeschnitten zurück.

In Phormium tenax wird die Cuticula durch concentrirte Salpetersäure gelb, auf Zusatz von überschüssigem Ammoniak braungelb. Jod und Schwefelsäure färbt sie braun, Fig. 74. Dies Verhalten deutet an, daß die Substanz, woraus sie zusammengesetzt ist, durch die äußerste Schicht der Epidermiszellen abgeschieden wird. Die Cuticula umgiebt nämlich letztere an der Außenfläche wie ein Futteral, und die Substanz derselben wird also durch die Epidermiszellen nach außen hin abgesondert und ist aus Stoffen gebildet, welche den Inhalt der letzteren ausmachten.

In Hoya carnosa verhält sich die Cuticula gegen Sal-

petersäure und Ammoniak und gegen Jod und Schwefelsäure auf die wiederholt angegebene Weise, Fig. 1 A und B aa. Ebenso in Sambuccus nigra.

In den Antheren von Gladiolus Pittacinus sieht man die Cuticula unter Einwirkung der Schwefelsäure sich in großen Lappen ablösen, welche — wenn man zuvor Jod hinzugebracht hat — gelb gefärbt sind, während die unmittelbar darunterliegende Schicht sich blau färbt (Harting und M.).

Die Cuticula würde vielleicht rein zu erhalten sein, wenn man sie durch Schwefelsäure von der Pflanze losweichte. Wir haben die noch mit der Epidermisschicht versehene Cuticula von Phytolacca decandra und von Agave americana analysirt. Bei der letzteren Pflanze kann der Cellulosegehalt der Epidermiszellen sehr wenig betragen. Beide wurden mit Wasser, Alkohol und Aether ausgezogen und bei 130° getrocknet. Die von Phytolacca gab 2%, von Agave ohngefähr 4% Asche.

Cuticula und Epidermiszellen von Phytolacca decandra:

C	52,90	52,70
H	6,79	6,80
O+N	40,31	40,50 *).

Cuticula und Epidermiszellen von Agave americana:

C	63,51	63,28
H	8,82	8,89
O+N	27,67	27,83 **).

Jene Resultate, wie sehr sie auch unter einander abzuweichen scheinen, differiren doch, was die eigentliche Cuticulasubstanz betrifft, in der That nicht, denn die von Phytolacca enthält eine weit größere Menge der Epidermiszellen (Cellulose) eingemengt als bei Agave. Zieht man diese ab, so

*) Scheik. Onderz. Deel III.

*) Scheik. Onderz. Deel III.

hat man ziemlich genau übereinstimmende Zahlen für die Cuticulasubstanz, die übrigens auch in Agave nicht ganz frei von Cellulose ist.

Vergebens haben wir versucht, reine Cuticula durch Aufweichen in Schwefelsäure darzustellen. Sie wird zwar selbst von Nordhäuser Schwefelsäure nicht aufgelöst, während sich alle andere Stoffe lösen, und behält ganz ihre Form bei; aber schon von zweitem Schwefelsäurehydrat wird sie zu stark gefärbt, um sie der Elementaranalyse zu unterwerfen. Die Färbung tritt namentlich durch spätere Behandlung mit Ammoniak noch deutlicher hervor. Für jetzt muß also diese Lücke noch unausgefüllt bleiben, aber es ist nicht unwahrscheinlich, daß eine Schwefelsäure von bestimmter Stärke die anderen Stoffe auflöst und die Cuticula unverändert zurückläßt.

Epidermis.

Die Epidermis, welche in den einfachsten Pflanzen sich von dem darunter liegenden Gewebe nicht unterscheidet, zeigt bei den Pflanzen höherer Ordnung ein sehr abweichendes Verhalten. Sie wird von der Cuticula bedeckt, ist farblos und durchscheinend und läßt sich bei manchen Pflanzen leicht, bei anderen nur nach Aufweichung der darunter liegenden Theile abscheiden.

Die Zellen, woraus die Epidermis besteht, sind meist sehr groß, tafelförmig, regelmäßig, oftmals vier- oder sechsseitig, mitunter auch, auf dem horizontalen Durchschnitte gesehen, unregelmäßig. Sie sind sehr fest und liegen unmittelbar auf dem darunterliegenden Gewebe, ohne daß sich ein Zwischenraum zwischen beiden befindet; die innere Wand ist viel dünner als die äußere der Luft ausgesetzte Wand.

Eine besondere Art von Zellen scheint natürlich besonde-

rer Stoffe zu ihrer Bildung zu bedürfen. Hier läßt sich indessen die Sache einfacher erklären. Wenn nämlich dem größten Theile der Oberfläche einer gewöhnlichen Zellenreihe die zuströmenden Säfte entzogen werden, so entwickeln sich keine neuen Zellen mehr, und müssen bei fortschreitender Vergrößerung der darunterliegenden Theile ausgedehnt, platt und tafelförmig werden; mit anderen Worten: da die Oberhautzellen nur an ihrer Oberfläche mit dem Zellensafte in Berührung sind, so ist es sehr wahrscheinlich, daß sie denselben Ursprung haben wie die darunterliegenden Zellen, und also auch aus den nämlichen Substanzen bestehen. Daher rührt es denn auch, daß in der Regel nur eine Reihe der Oberhautzellen angetroffen wird.

Die Epidermis und Cuticula der Pflanzen haben deshalb mit der Epidermis der Thiere nichts gemein.

Die Epidermiszellen, wovon wir natürlich die Cuticula unterscheiden, verhalten sich in allen Stücken den oben (S. 439) beschriebenen Parenchymzellen vollkommen gleich. In Aloë lingua, Fig. 8, werden sie durch concentrirte Schwefelsäure aufgelöst, ohne gefärbt zu werden. Nach vorhergegangener Behandlung mit Jodtinktur zeigen sie, wie die Merenchymzellen dieselbe schöne blaue Farbe und werden schnell gelöst. Sie widerstehen hier gleich den Merenchymzellen ebenso wenig, wie anderswo, der Einwirkung concentrirter Schwefelsäure. Concentrirte Phosphorsäure löst sie auf; nach voraufgegangener Behandlung mit Jodtinktur zeigt sich die Farbe des Jodamylums *).

Da, wo die Cuticula in Folge der Einwirkung von Jod

*) Königswasser, Salpetersäure, Salzsäure und verdünnte Schwefelsäure üben keine merkbare Einwirkung auf die Epidermiszellen aus; nur kommt dadurch der utriculus internus, der darin sehr leicht zu unterscheiden ist, deutlich zum Vorschein; dasselbe beobachtet man ebenso gut in alten Oberhautszellen, namentlich bei den in der Spitze eines alten Blattes liegenden, als in sehr jungen noch ganz unentwickelten Blättern (S. 440).

und Schwefelsäure sich abgelöst hat, ist die äußere Schicht der noch unveränderten Epidermiszellen auch blau gefärbt. Letztere hat also eine von der Cuticula ganz unabhängige, selbstständige Existenz.

Die Epidermiszellen von Agave americana, Fig. 69, zeigen dieselben Reaktionen, wie die von Aloë lingua. Wenn indessen die Merenchymzellen von Agave durch Einwirkung der Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) schon aufgelöst sind, widerstehen die der Epidermis noch einige Zeit und lösen sich erst einen Augenblick später; ihr Gewebe ist also hier etwas fester als das der Merenchymzellen. Beide bestehen übrigens aus denselben Stoffen.

Mit Salpetersäure und Ammoniak läßt sich keine Spur von xanthoproteinsauren Ammoniak entdecken.

In Opuntia tuna schwellen die Epidermiszellen unter der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure so stark an, daß man sie sogleich gar nicht mehr als Zellen erkennt. Sie verhalten sich hier dem Collenchym und Parenchym derselben Pflanze analog, wo in der Zellenwand Pectose vorzukommen scheint (Harting und M.).

Haare.

Wenn wir die Haare zugleich aus einem histologischen und chemischen Gesichtspunkte betrachten, so müssen wir zweierlei Arten derselben unterscheiden. Es giebt Haare, welche aus Oberhautzellen bestehen und mit einer dicken Schicht der Cuticulasubstanz bedeckt sind. Solche findet man in Opuntia microdasys. Durch Jod und Schwefelsäure werden sie auswendig nicht blau, sondern braun. Inwendig sind sie nicht beobachtet, Fig. 75. Im Uebrigen verhalten sie sich auf der Außenfläche wie die Cuticulasubstanz.

Von jenen Haaren unterscheiden sich diejenigen, welche

entweder keine oder nur eine sehr dünne Cuticulaschicht besitzen, wie bei Salvia argentea. Diese sind fast durchgehends vielzellig, ohne Inhalt, mit einer Wand von 0,0007 Mm. Dicke. Salpetersäure dehnt die Wand nicht aus, noch färbt sie dieselbe. Ammoniak, im Uebermaaß hinzugesetzt, bringt ebenfalls keine gelbe Färbung hervor. Auch Kali verändert sie nicht. — Jod färbt sie sehr wenig gelb; auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure werden sie violett mit mancherlei Schattirungen von Hell und Dunkel, indem die Enden hier und da blau, andere ganz blau erscheinen. Die trockene Beschaffenheit dieser Haare erschwert das Eindringen des Jods; daher die Verschiedenheit. Sie scheinen demnach bloß aus Cellulose zu bestehen.

In jenen Reaktionen stimmen sie ganz mit Baumwolle überein; die Dicke der Wand beträgt 0,002 Mm. Auch die Zusammensetzung ist die der Cellulose (s. Zellenwand S. 435). (Harting und M.)

Dornen.

Die Dornen sind, soweit wir sie untersucht haben, ein Gewebe, welches inwendig mit dem der Holzzellen übereinstimmt. Die von Cirsium triacantha bestehen aus dickwandigen Zellen, deren Wand 0,0077 Mm. dick ist. Sie sind mit Cuticula und mit Epidermiszellen bedeckt. Die inwendig liegenden Zellen werden unter Einwirkung von Jod und Schwefelsäure auswendig braun: darauf folgt eine bläuliche geschwollene Wand, und im Innern zeigt sich eine dunkelbraune körnige Membran (utriculus internus?). (Harting und M.)

Bei 135° getrocknet und mit Alkohol, Aether und Wasser ausgezogen, besitzen sie folgende, mit den Holzarten übereinstimmende Zusammensetzung:

C 49,44
H 5,99
O+N 44,57 *).

Sie enthalten ungefähr 1% Asche.

Korkgewebe.

Das Korkgewebe, welches in manchen Pflanzen auftritt, verdient etwas näher ins Auge gefaßt zu werden. Man beobachtet es in Opuntia tuna sehr deutlich. Während das Collenchym und Parenchym durch Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) schön blau wird, bleiben die Korkzellen unverändert; nach 24 Stunden sind sie braun gefärbt, Fig. 14 a. Dies Verhalten deutet an, daß das Korkgewebe ein eigenthümliches Gewebe ist, welches sich nicht von Cellulose ableiten läßt und auch mit dem Holz in keiner Art von Verbindung steht.

In Hoya carnosa verändern sich die Korkzellen nicht, außer daß sie nach vorhergehender Behandlung mit Jod braun werden.

In dieser Reaktion stimmen sie mit der Cuticula überein, und es führt diese Beobachtung zu der Vorstellung über die Bildung der Korkschicht, daß sie eine Wiederholung der Cuticula sei. Dieser Schluß findet übrigens in den anderen Eigenschaften des Korks und der Cuticula keine Bestätigung.

In Sambuccus werden die Korkzellen aus einem diesjährigen Zweige durch Salpetersäure gelb, eine Eigenschaft, welche sie wiederum mit der Cuticula gemein haben. Auf Zusatz von überschüssigem Ammoniak werden sie noch gelber. Dieselbe Erscheinung findet in Tilia parvifolia statt, wo das Korkgewebe durch Jod und Schwefelsäure keine Veränderung erleidet.

---

*) Scheik. Onderz. Deel III.

Concentrirte Salzsäure färbt die Korkzellen, wenn sie damit bei gewöhnlicher Temperatur 48 Stunden lang in Berührung gewesen sind, violett, z. B. in einem zweijährigen Zweige von Clematis vitalba. Dies ist ein sicherer Beweis für die Gegenwart von Protein (Harting u. M.).

Die Korksubstanz von Quercus suber ist kürzlich von Döpping untersucht (Annalen der Chemie und Pharm. 1843. März. S. 286), nachdem sie schon früher der Gegenstand einer Untersuchung von Chevreul war. Döpping zog mit Aether eine Wachsart aus, welche Chevreul Cerin nennt — nicht mit der von John so genannten Verbindung zu verwechseln —, die beim Erkalten in Nadeln krystallisirt, und in dem Aether Gerbsäure und extraktartige Stoffe zurückläßt.

Ihre procentische Zusammensetzung kann durch die Formel $C_{25}\ H_{20}\ O_3$ ausgedrückt werden. — Das Suberin, welches nach Digestion von Kork mit Alkohol, Aether, Wasser und verdünnter Salzsäure zurückblieb, gab folgende procentische Zusammensetzung:

C	67,80
H	8,70
N	2,30
O	21,20.

Aber Döpping hält sie nicht für rein und namentlich nicht für rein von Wachs. Jene Substanz liefert die Korksäure, $C_8\ H_{12}\ O_3$, wenn man Kork durch Salpetersäure oxydirt; übrigens nicht bloß der Kork, sondern jeder korkhaltige Bast erleidet jene Zersetzung, denn behandelt man den Bast von Eichen, Weiden, Pappeln, Linden u. s. w. mit Salpetersäure, so erhält man ebenfalls Korksäure.

Was nach der Oxydation des Korks mit Salpetersäure zurückbleibt, ist außer einem Oxydationsproducte des Wachses und der Korksäure Cellulose, nach Döpping's Analysen $C_{12}\ H_{20}\ O_{10}$, und nicht $C_{24}H_{42}O_{21}$.

Vergleicht man die oben (S. 502) mitgetheilten Analysen der Cuticulasubstanz mit denjenigen Resultaten, welche Döpping bei der Untersuchung des Suberins erhalten hat, so läßt sich ein gewisser Zusammenhang nicht verkennen. Döpping fand Cellulose, die nicht zu dem eigentlichen Korkgewebe gehört. Er wies außerdem einen Stoff nach, welcher, wenn wir dabei die Cellulose in Rechnung bringen, sich in ihrer Zusammensetzung der Cuticula von Agave nähert. Diese Uebereinstimmung ist aber deshalb ohne Bedeutung, weil der Kork unter dem Einfluß von erstem Schwefelsäurehydrat ganz in ulminartige Stoffe zerfällt, die Cuticula dagegen — ebensfalls in großer Menge damit behandelt — kein Ulmin giebt.

Was übrigens die Analyse des Korks anbetrifft, so haben wir andere Resultate erhalten, als Döpping. Reiner Kork, mit Aether, Alkohol, concentrirter Essigsäure nud Wasser vollkommen ausgezogen, gab keine wägbare Menge Asche und bei 140° getrocknet,

C 65,52
H 7,97

Zahlen, die von denen, welche Döpping gefunden hat, sehr abweichen. Der analysirte Kork enthielt übrigens noch Stickstoff.

Aus obigen Thatsachen ergeben sich folgende Schlüsse:

1°. In dem Pflanzenreich bestehen die jungen Zellen aus Bläschen, welche reine Cellulose, $C_{24}H_{42}O_{21}$, sind. Sie enthalten keine nachweisbaren Theile fester stickstoffhaltiger Körper, und die Zellenwand kann deshalb nicht die erste Ursache des Stoffwechsels sein; diese ist vielmehr in dem Inhalte der Zelle zu suchen.

2°. Jene Zellenmembranen bestehen bis in ihr Alter entweder aus bloßer Cellulose — in diesem Falle bleiben sie sehr dünnwandig — oder sie werden dicker und nehmen andere Stoffe auf.

3°. Die Ablagerung anderer Stoffe geschieht auf zweierlei Weise, entweder in der dünnen Celluloseschicht, oder auf derselben.

4°. Alle jungen Theile, welche nicht zu der Zellenwand gehören, bestehen ursprünglich aus Cellulose, z. B. die Spiralfibern. Mit zunehmendem Alter nehmen diese andere Stoffe in sich auf, und es entsteht alsdann ein inniges Gemenge von Cellulose mit der in derselben abgelagerten Substanz, welche wir mittlere Holzsubstanz genannt haben. In dem Maaße, als die letztere sich vermehrt, nimmt der Cellulosegehalt ab. Die Ringe der Ringgefäße (z. B. in Opuntia) enthalten deshalb im späteren Alter sehr wenig Cellulose, und bestehen größtentheils aus mittlerer Holzsubstanz.

5°. Die Absonderung der Schichten auf der Zellenwand darf mit einer Verdickung der Wand selbst nicht verwechselt werden. Beide sind ganz von einander verschieden.

6°. Die Verdickung der Wand wird durch Pectose oder Pflanzenschleim, oder durch Körper bewirkt, welche aus C_{24} H_{38} O_{19} oder C_{24} H_{42} O_{21} bestehen, d. h. welche mit der Cellulose gleiche Zusammensetzung haben; die Ablagerung der Schichten geschieht durch zwei wohl unterschiedene Stoffe, vielleicht auch durch mehrere. Die ersteren werden, außer der Pectose, unmittelbar aus Cellulose gebildet, entweder durch einfache isomerische Umsetzung, oder durch Verlust von Wasser. Die Letzteren sind von Cellulose ganz verschieden.

7°. Die Ablagerung auf der Zellenwand geschieht entweder auf der Innenseite oder auf der Außenfläche der aus Cellulose bestehenden Wand.

8°. Wenn die Membran ursprünglich kleine Oeffnungen enthält, so wie dies oft beobachtet ist, so werden dieselben bei der ferneren Ausdehnung der Zellenwand immer größer, und es findet alsdann an diesen Stellen keine fernere Absonderung andere Stoffe mehr Staat; so entstehen Punkte und punktirte Canäle. Sie sind verschiedener Art.

9°. Die Ablagerung neuer Schichten geschieht nur auf der Außenfläche der Celluloseschicht.

10°. Auf der äußeren Wand scheidet sich bei den Holzzellen eine Substanz, welche wir äußere Holzsubstanz genannt haben (S. 478) als erste Schicht an der Cellulosewand ab; gleichfalls bei den vasa porosa und scalaria.

11°. Zwischen diesen beiden Schichten, der Cellulosewand und der äußeren Schicht, setzt sich bei den Holzzellen noch eine dritte ab, welche aus der sogenannten mittleren Holzsubstanz besteht, die abgeschieden auf dem Querdurchschnitt Ringe darstellt, deren Anzahl verschieden ist.

12°. Je näher diese Schichten an die Celluloseschicht grenzen, um so mehr verschmelzen sie in einander.

13°. Eine Verdickung auf der innern Wand ist uns eigentlich nicht vorgekommen; aber wir deuten damit die eigenthümliche Verdickung der Holzzellen von Hoya carnosa an, die sich von den wahren Holzzellen unterscheiden. Die Celluloseschicht hat hier zuerst auf ihrer Außenfläche eine Schicht derjenigen Substanz bekommen, welche die äußere Holzzellenschicht bildet (im Folge der Durchdringung der Wände von dem Zelleninhalte). Diese neue Schicht ist das Fundament für die fernere Inkrustation geworden, so daß nun verschiedene Schichten entstehen, welche ein gleichförmiges Gemenge von Cellulose und der mittleren Holzsubstanz darstellen. Die Celluloseschicht verschwindet als solche in diesen Zellen, was bei den eigentlichen Holzzellen nicht der Fall ist. Sie wird zwischen die neuen Schichten der mittleren Holzsubstanz vertheilt.

14°. In jungen und alten Zellen wird außerdem noch eine sehr dünne Membran wahrgenommen, welche durch Salpetersäure und andere Säuren, auch durch Alkohol zusammenschrumpft und die Mohl Primordialschlauch nennt. Sie macht in dünnwandigen Zellen eine zweite Wand aus, welche mit der aus Cellulose bestehenden Membran lose zu-

sammenhängt, in alten Holzzellen bildet sie eine vierte Wand. In den Holzzellen hängt sie nur lose zusammen: aber sie fehlt nach unseren Beobachtungen in sehr alten Zellen nur selten. Wir haben sie utriculus internus genannt, weil sie offenbar inwendig liegt, und weil wir nicht wissen, ob sie primordial ist, und noch viel weniger, ob sie wichtige Funktionen erfüllt.

15°. Die dünnwandigen vasa laticis bestehen aus reiner Cellulose; die dickwandigen bei den Euphorbia-Arten sind mit einer dünnen Schicht einer Substanz umgeben, welche mit der äußersten Schicht der Holzzellen übereinzustimmen scheint.

16°. Die Cuticula der Pflanzen ist eine von den Epidermiszellen ausgeschwitzte Substanz. Sie kommt in mancher Hinsicht mit der äußersten Schicht der Holzzellen, der vasa porosa u. s. w. überein, weicht aber durch andere Eigenschaften und in ihrer Zusammensetzung sehr davon ab.

17° Korkzellen, deren Hauptbestandtheil Suberin ist, verhalten sich in mancher Beziehung wie die Cuticula der Pflanzen und wie die äußerste Schicht der Holzzellen, der vasa porosa u. s. w. Alle drei, die Korkzellen, die Cuticula und die äußere Schicht der Holzzellen müssen als verschiedene chemische Körper betrachtet werden.

18°. Die Menge kleiner Oeffnungen in der jungen Zellenwand sind für die Fortleitung der Pflanzensäfte von großer Bedeutung, da überall, wo sie vorkommen, die Zellensäfte nicht bloß aufgelöste, sondern auch suspendirte Theilchen enthalten können.

Zum Schlusse dieser Beobachtungen will ich noch diejenigen Stoffe aufzählen, welche als selbstständige chemische Körper in den Pflanzengeweben unterschieden werden müssen.

Reine Cellulose, welche, wie wir oben gesehen haben, durch Jod und Schwefelsäure die Farbe von Jodamylum annimmt. Sie bildet, so weit gegenwärtig unsere Erfahrung reicht, ausschließlich die Wand der nicht verdickten Zellen

und Gefäße, namentlich der Spiralgefäße, und ist also in runden und ovalen Merenchymzellen, in eckigen und sternförmigen Parenchymzellen, in der Wand der Spiralgefäße, in der inneren Wand der ringförmigen, netzförmigen, gestreiften und punktirten Gefäße, in der Innenwand der vasa laticis, wie der Holzzellen, der Haupt- uud ausschließliche Bestandtheil. Sie bildet ohne Ausnahme alle jungen Holzzellen und macht also das junge Cambium aus; sie bildet ferner das junge Mark und die Rindenparenchymzellen, die Bastfaserzellen im jugendlichen Alter und die Epidermiszellen und wird in dem Collenchym gefunden. Endlich kommt sie bei Hoya, im Samen vom Phytelephas und Iris in den verdickten Zellenwänden vor.

Wenn also irgend eine Verbindung allgemein verbreitet ist, so ist dies die Cellulose. Sie ist der wichtigste Bestandtheil des Pflanzenreichs.

Die Substanz der Cuticula, welche die Cuticula der Pflanzen bildet *).

Suberin, welches in den Korkzellen vorkommt **).

Aeußere Holzzellensubstanz, welche mit der mittleren Holzsubstanz isomer zu sein scheint; sie kommt auch auswendig in den vasa porosa und scalaria vor ***).

Die Zusammensetzung dieser Substanz im reinen Zustande ist noch nicht bekannt, weil man noch kein Mittel kennt, sie zu isoliren; sie unterscheidet sich übrigens in ihren Eigenschaften von derjenigen Schicht, welche sie bedeckt, und welche die Hauptmasse des Holzes ausmacht, dies ist die

Mittlere Holzsubstanz, worunter die Substanz ver-

*) Sie widersteht der stärksten Schwefelsäure.

**) Es wird durch Schwefelsäure in ulminartige Stoffe verwandelt und unterscheidet sich dadurch von der Cuticula der Pflanzen.

***) In manchen Eigenschaften nähert sie sich der Substanz, woraus die Cuticula der Pflanzen besteht, aber sie weicht hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und durch andere Haupteigenschaften sehr davon ab.

standen wird, welche als mittlere Schicht in den Holzzellen, und als Hauptbestandtheil der Ringe der Ringzellen, der alten Spiralen und der Bastfaserzellen vorkommt, und durch Jod und Schwefelsäure, auch durch Schwefelsäure allein sich bräunt, von concentrirter Schwefelsäure aufgelöst wird. Sie ist in manchen Elementartheilen, z. B. in alten Spiralfasern, in den Ringen der Ringzellen, in den vasa scalaria mit Cellulose innig gemengt und wird dann durch die genannten Agentien grün mit verschiedenen Farbennüancen. Ebenso erscheint sie in der verdickenden Schicht von Hoya carnosa, in den Spiralen der Spiralzellen u. s. w. Die Holzsubstanz in gewöhnlichem Holze hat die Zusammensetzung: C_{40} H_{56} O_{26}, die der harten Holzarten, der Steinfrüchte u. s. w. wird durch die Formel: C_{40} H_{46} O_{18} ausgedrückt, aber sie ist wahrscheinlich ein Gemenge.

Pectose, als Bestandtheil der Zellenwand mit Cellulose innig verwebt, in den Epidermis-, Collenchym- und Parenchymzellen von Opuntia brasiliensis, in der äußeren dickeren Wand der vasa laticis von Euphorbia caput medusae.

(Neuere Versuche haben mir aufs Deutlichste gezeigt, daß pectinsaurer Kalk und Pectinsäure als solche nicht in den Pflanzen vorkommen. Man kann nämlich willkürlich aus Knollen Pectinsäure durch ein Alkali, oder eine andere in Wasser auflösliche Säure durch Salzsäure ausziehen, welche ich Parapectinsäure genannt habe; keine von beiden jedoch anders als bei erhöhter Temperatur. Kaltes Wasser nimmt aus gut ausgewaschenen Knollen nichts mehr auf; kochendes Wasser zieht Parapectinsäure aus. Die Pectose ist eine complexe Substanz und giebt mit Alkali und in der Wärme behandelt nur wenig Pectinsäure, aber eine große Menge in Wasser löslicher Stoffe, darunter auch Traubenzucker. Ich verweise auf die Scheikundige Onderzoekingen. Deel III, wo sich eine ausführliche Untersuchung über diesen Gegenstand findet, be-

ren Resultate zur Vervollständigung der obigen Angaben [S. 244.] über Pectinsäure und Pectin dienen mögen.)

Die Substanz, woraus der utriculus internus besteht, deren Natur wir nicht genauer haben studiren können. Dahin gehört auch die dünne äußere Wand der vasa laticis, welche wie der utriculus internus durch Jod und Schwefelsäure braun gefärbt wird.

Die Substanz des hornartigen Albumens von Alstroemeria- und Iris-Samen = C_{24} H_{38} O_{19}, welche auch in den Luftbehältern von Phytolacca vorzukommen scheint.

Zwei Verbindungen in dem Samen von Phytelephas, welche gleiche Zusammensetzung haben, = $C_{24} H_{42} O_{21}$; die eine ist Cellulose.

Hollundermark, welches aus einer Substanz besteht, die in anderen Pflanzengeweben noch näher untersucht werden muß. Es ist wahrscheinlich auch in anderen Arten von Mark vorhanden.

Festes Pflanzeneiweiß. Es ist mit vielen Elementartheilen innig verwebt; auch kommt es in der mittleren Holzsubstanz vor, bald in den Holzzellen selbst, bald in den Spiralen, bald anderswo, aber nicht in der jungen Zellenwand, sondern im auflöslichen Zustande gehört es dem Zelleninhalte junger Zellen an.

Eine größere Anzahl von Stoffen haben wir in den untersuchten elementären Pflanzentheilen nicht unterscheiden zu müssen geglaubt *).

So viel ist jedenfalls ausgemacht, daß in dem Pflanzenreich, wie in dem Thierreiche mit sehr wenigen Verbindungen die verschiedenartigsten Zwecke erreicht werden. Unsere Unter=

*) Die Hefecellulose ist eine besondere, mit der gewöhnlichen Cellulose nicht zu verwechselnde Substanz. Sie wird durch Jod und Schwefelsäure braun und zeigt nur unter dem Mikroskop kleine Beimengungen einer fremden blau werdenden Substanz, deren Menge vielleicht $1/_{50}$ vom Ganzen beträgt, und von der Cellulose der Körner herrührt (vgl. Scheik. Onderz. Deel II, p. 409.).

suchung, welche wir mit so vielen Pflanzentheilen angestellt haben, hat uns nur wenige unter einander verschiedene Körper kennen gelehrt, und wahrscheinlich ist die Anzahl derjenigen Substanzen, welche der Zellenwand angehören, nicht viel größer, als wir gefunden haben.

Ich übergebe dem wissenschaftlichen Publicum diesen Theil des Werkes mit dem lebendigen Bewußtsein, daß er kaum die ersten Buchstaben des Alphabets enthält, und muß die gütige Nachsicht des Lesers hier überall in Anspruch nehmen, wo das Feld so unbearbeitet und doch so groß ist *).

*) Die werthvolle verbesserte zweite Auflage von Schleiden's wissenschaftl. Botanik erschien erst, als jene Untersuchungen schon der Presse übergeben waren; ich habe daher leider nicht davon Gebrauch machen können.

Erklärung der Kupfertafeln.

Fig. 1. Querdurchschnitte des vierten Internodiums (von der Spitze an gerechnet) eines jungen Schößlings von Hoya carnosa,

A. mit Salpetersäure und darauf mit Ammoniak behandelt;

B. mit Jodtinktur und darauf mit Schwefelsäure (4 Th. Säure von 1,85 spec. Gew. und 1 Th. Wasser) behandelt.

Die folgenden Buchstaben bezeichnen beide Male dieselben Theile.

a. Cuticula, bei *a'* durch die Schwefelsäure losgeweicht.

b. Oberhautzellen.

c. Rindenparenchym.

d. Bastbündel.

e. Cambiumzellenschicht.

f. Holz- und Gefäßlage.

g. Milchsaftgefäße.

h. Mark.

i. Dickwandige Markzellen.

Fig. 2. Querdurchschnitt vom Holz und Mark eines ausgewachsenen Internodiums von Asclepias syriaca, mit Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) behandelt. Alle jene Holzzellen zeigen zwei Schichten; die äußere, welche sich bräunt und nicht anschwillt, und die innere grünblau gefärbte, welche anschwillt.

a. Markstrahlen, deren Zellen grün gefärbt sind, weil

die innere blaue Schicht durch die äußere braune hindurchscheint; *bb* punktirte Gefäße, deren äußerste Schicht eben so gefärbt ist als die der Holzzellen; im Innern zeigt sich eine grünlichblau gefärbte, dünne häutige Lage mit unregelmäßigen Umrissen; *c* Spiralgefäß, die Spirale ist gelblichgrün gefärbt; *d* eine Lage von Milchsaftgefäßen; *e* Markzellen, welche mit einer sehr großen Anzahl runder Poren versehen sind.

Fig. 3. Längsdurchschnitt der Markzellen derselben Pflanze, mit Jod und Schwefelsäure befeuchtet; die Poren sind hier alle spaltenförmig.

Fig. 4. Eine der nämlichen Markzellen, bloß mit Wasser befeuchtet, wobei die spaltenförmigen Poren ebenfalls zum Vorschein kommen.

Fig. 5. Zellen des Diachyms eines sehr jungen Blattes aus dem Innern der Blattkrone von Sempervivum arborescens, mit zahlreichen runden Poren, mit Jod und Schwefelsäure behandelt.

Fig. 6. Junge Holzzellen aus einem jungen Internodium von Asclepias syriaca, mit Jod und Schwefelsäure behandelt; unmittelbar nach Zusatz der Schwefelsäure zeigen sich die spaltenförmigen querliegenden Poren, welche nach einiger Zeit in Folge der Anschwellung wieder verschwinden.

Fig. 7. Querdurchschnitt der Holzzellen und eines Spiralgefäßes aus demselben Internodium, mit Jod und Schwefelsäure behandelt; die Holzzellen färben sich blau, ebenfalls die häutigen Wände des Spiralgefäßes; die Spiralfaser hingegen wird gelbgrün.

Fig. 8. Querdurchschnitt eines Blattes von Aloe lingua. mit verdünnter Salpetersäure behandelt. Der verdickte Theil der Epidermiszellen (Cuticula) ist

hellgelb gefärbt; die darauf befindlichen Warzen (wovon eine bei *a* abgebildet ist) sind mit kleinen Knötchen besetzt. In den Epidermis-, Stoma- und den äußersten Parenchymzellen liegen die utriculi interni abgesondert; das Chlorophyll ist gelblichgrün, die Körner nicht mehr so regelmäßig rund als vor der Einwirkung der Säure. Auf der Oberfläche der mehr nach Innen zu liegenden, kein Chlorophyll enthaltenden Zellen sieht man die Verbindungsstellen, *bbbb*, der durch den Schnitt getrennten Zellen. In einer derselben sieht man ein Harzkügelchen, *c*.

Fig. 9. Theile eines Luftbehälters aus dem Blattstiele von Musa paradisiaca.

A. Mit Jod und Schwefelsäure (4 Thle. auf 1 Th. Wasser) behandelt.

B. Mit Salpetersäure und Ammoniak behandelt, wodurch in manchen Zellen rothbraune Körperchen, *aa*, zum Vorschein kommen.

Fig. 10. Parenchymzellen eines sehr jungen Blattes von Agave americana, mit mäßig verdünnter Salpetersäure behandelt. Die utriculi interni sind deutlich zu sehen; in vielen Zellen zeigen sich zwei Kerne, die keine Kernkörperchen enthalten.

Fig. 11. Querdurchschnitt der Parenchymzellen von Aspidium Filix mas, mit Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) behandelt. Die Wand ist stark geschwollen und auf der innern Fläche durch einen braunen körnigen Ring begrenzt.

Fig. 12. Querdurchschnitt der Oberhaut und einiger darunter liegender Collenchymzellen eines halb ausgewachsenen Internodiums von Phytolacca decandra.

Fig. 13. Das Nämliche nach der Behandlung mit concentrirter Salpetersäure und Ammoniak; die äußerste

Schicht der Epidermiszellen ist gelb geworden, im Uebrigen unverändert; die verdickten Stellen der Collenchymzellen sind stark angeschwollen, jedoch nicht gelb gefärbt.

Fig. 14. Querdurchschnitt der Korkschicht und des Collenchyms von Opuntia brasiliensis, mit Jod und darauf mit Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) behandelt; *a* Korkzellen, *b* Collenchymzellen, worin concentrische Schichten mehr oder weniger deutlich sichtbar sind.

Fig. 15. Querdurchschnitt einiger Bastfaserzellen, mit Jod und Schwefelsäure behandelt, aus einem ausgewachsenen Internodium von Asclepias syriaca; sie werden durch und durch blau, so daß weder nach Außen, noch nach Innen eine anders gefärbte Schicht wahrzunehmen ist; während des Anschwellens zeigen sich concentrische Ringe.

Fig. 16. Querdurchschnitt der äußeren Holzschicht von Pinus sylvestris mit Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) behandelt; *a* Cambiumzellen, *b* ausgebildete Holzzellen.

Fig. 17. Querdurchschnitt der Holzzellen von Pinus sylvestris, nachdem sie 48 Stunden lang mit concentrirter Salzsäure behandelt gewesen sind.

Fig. 18. Die in Fig. 16 abgebildeten Zellen einige Zeit später, nachdem in Folge starker Anschwellung der inneren Schicht die äußere Schicht der Holzzellen geplatzt ist; diese bildet an manchen Stellen (*a*) eine zusammenhängende Membran.

Fig. 19. Längsdurchschnitt des Holzes von Taxus baccata, mit Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) behandelt. In den jüngeren Holzzellen, wo die Färbung der innersten, die Spirale enthaltenden Lage sehr stark ist (*a*), ist diese letzte,

wahrscheinlich in Folge der stärkeren Anschwellung, verschwunden. Die mit schrägen spaltenförmigen Poren versehenen Punkte sind dagegen noch sichtbar und unverändert; diese befinden sich also in der äußersten Schicht, welche von Schwefelsäure nicht angegriffen wird.

Fig. 20. Holzzellen von Pinus larix auf einem radialen Längsschnitte gesehen, wo man die Punkte von oben betrachtet, mit Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) behandelt.

Fig. 21. Dieselben auf dem tangentialen Durchschnitte mit den der Länge nach durchschnittenen Punkten, welche in der äußersten nicht angeschwollenen Schicht enthalten sind.

Fig. 22. Querdurchschnitt des Holzes eines einjährigen Zweiges von Tilia parvifolia mit Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) befeuchtet. Die innere Schicht der Holzzellen erscheint stark angeschwollen und blaugrün, die äußere ist nicht geschwollen und braungelb; *aa* Markstrahlen, *bb* durchschnittene Gefäßzellen, deren äußere die Punkte enthaltende Wand braun bleibt; während der die Spirale umschließende Theil grünlichblau wird.

Fig. 23. Längsdurchschnitt des nämlichen auf dieselbe Weise behandelten Holzes; *aa* Holzzellen, *b* Gefäßzelle mit einer verwachsenen Spiralfaser, *c* zwei an einander grenzende punktirte Spiralgefäßzellen; die Wand, welche die beiden Gefäßzellen vereinigt, ist der Länge nach gespalten, wodurch die in der äußeren Schicht enthaltenen durchschnittenen punktirten Stellen zum Vorschein kommen; *d* Spiralgefäß, welches der Markhülle angehört; die Wand ist ziemlich dick und braungelb, die Spirale bläulichgrün gefärbt.

Fig. 24. Längsdurchschnitt des Holzes und Markes eines ausgebildeten Internodiums von Tilia parvifolia, nach 48stündiger Behandlung mit Salzsäure; *aa* Holzzellen, *b* Spiralgefäß, von unten abgerollt, bei dem auch die Spiralfaser gefärbt erscheint, *c* Markzellen; einige haben einen zusammengezogenen, violett gefärbten Inhalt (utriculus internus).

Fig. 25. Querdurchschnittene Holzzellen derselben Pflanze, mit Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) behandelt. Die innerste Schicht schwillt augenblicklich sehr stark an, während sie sich lebhaft blau färbt, und sprengt die äußere Schicht.

Fig. 26. Markzellen eines zweijährigen Zweiges derselben Pflanze, auf gleiche Weise behandelt. Die äußerste Membran bleibt braungelb gefärbt; die innerste wird blau; indem letztere durch die braune Außenwand hindurchscheint, so erscheinen die Zellen grün.

Fig. 27. Querdurchschnitt des Parenchyms aus einem jungen Blattstiele von Cycas revoluta, mit Jod und Schwefelsäure (4—1) behandelt. Die Wände sind stark geschwollen und zeigen abwechselnd dünnere und dickere Stellen; auf der Grenzfläche zweier Zellen befindet sich ein hellerer weißlicher Streifen; da wo man die äußere und innere Wand weggeschnitten hat, sieht man einen braungelb gefärbten, unregelmäßig geformten innern Ring (utriculus internus). *aa* sind zwei Zellen, wovon bloß die äußere Wand abgesondert ist, und wo man in dem übriggebliebenen Theile der Wand kleine Oeffnungen wahrnimmt; *b* eine der im Parenchym zerstreut liegenden Bastfasern, worin drei Schichten und nach dem Anschwellen concentrische Ringe sichtbar werden.

Fig. 28. Längsdurchschnitt der dickwandigen Parenchymzel-

len, nahe bei den Gefäßbündeln in einem älteren Blattstiele derselben Pflanze. Die äußerste Schicht bleibt dunkelbraun gefärbt, die innere schimmert mit grüner Farbe hindurch, außer an den Stellen, wo sich Oeffnungen befinden, durch welche die Innenfläche der gegenüberliegenden Wand hellblau gefärbt erscheint; bei *aa* ist diese untere Wand getrennt, und man sieht durch die Oeffnungen hindurch.

Fig. 29. Die nämlichen Zellen nach 48stündiger Behandlung mit Salzsäure.

Fig. 30. Längsdurchschnitt sehr junger Holzzellen von Clematis vitalba mit Jod und Schwefelsäure (4—1) behandelt, wo die spaltenförmigen Poren sichtbar sind.

Fig. 31. Querdurchschnitte der kurzen Holzzellen eines ausgewachsenen Internodiums von einem einjährigen Zweige derselben Pflanze. Die äußere, scharf begrenzte Schicht bleibt gelbbraun, die innere ist stark geschwollen und in der Nähe der äußeren Schicht weiß, nach der Mitte zu blau; diese Schicht ist durch einen bräunlichen Ring von ungleicher Dicke begrenzt.

Fig. 32. Längsdurchschnitt derselben Holzzellen, nur mit Wasser befeuchtet.

Fig. 33. Dieselben mit Jod gefärbt und darauf mit Schwefelsäure befeuchtet (4—1); die kleinen Canäle erscheinen weiß.

Fig. 34. Dieselben einige Zeit später; die Canäle sind nicht mehr sichtbar; die Wände laufen in kleinen Windungen.

Fig. 35. Dickwandige kurze Holzzellen aus einem zweijährigen Zweige von Clematis vitalba, welcher quer durchschnitten ist. Concentrische Ringe sind deutlich wahrzunehmen; bei *aa* ist die mit Punkten

versehene Querwand der Zelle unversehrt geblieben.

Fig. 36. Dieselben Zellen mit Jod und Schwefelsäure (4—1) behandelt. Die äußerste Schicht ist dunkelbraun gefärbt; in dem angeschwollenen Theile zeigen sich dieselben Ringe, wie in Fig. 35, nur mehr von einander getrennt; nahe bei der Oeffnung der Zelle ist die Farbe dunkel blaugrün; die äußersten Ringe sind gelb gefärbt. Im Anfang der Anschwellung nimmt man noch Spuren der kleinen Canäle wahr (*a*), später (*b*) sind dieselben ganz verschwunden; auch schwellen viele Zellen so stark an, daß die Oeffnung ganz erfüllt wird (*b*); man nimmt darin keine, die Oeffnung begrenzende, innere Membran wahr.

Fig. 37. Holzzellen der nämlichen Pflanze, der Länge nach durchschnitten, nach 48stündiger Behandlung mit Salzsäure.

Fig. 38. Querdurchschnitt eines Bündels Bastfaserzellen in einem der innersten Blätter aus der Blattkrone einer sehr jungen Pflanze von Agave americana, welches 24 Stunden lang mit Jod und Schwefelsäure behandelt ist. Der Inhalt erscheint dunkelbraun; die Wände sind geschwollen und gleichmäßig blau gefärbt, gleich wie die der Parenchymzellen.

Fig. 39. Querdurchschnitt eines Bastbündels aus einem etwas älteren mehr in dem äußeren Theile der Blattkrone liegenden Blatte derselben Pflanze, ebenfalls nach 24stündiger Einwirkung jener Agentien. Die Wände der jungen Bastzellen erscheinen scharf begrenzt und braun.

Fig. 40. Querdurchschnitt einer Gruppe Bastfasern von Agave americana, aus einem ausgewachsenen Blatte.

A. Durch Jodtinktur braun gefärbt.

B. Dieselben in verdünnter Schwefelsäure, welche man dar-

auf mit concentrirter Schwefelsäure versetzt; die Wände schwellen nach allen Seiten hin stark an; ihr mittlerer Theil wird blau, die äußerste Hülle der Zelle und die die Oeffnung begrenzende Linie bleiben braun; während der Anschwellung werden concentrische Ringe sichtbar.

C. Dieselben einige Minuten später; die Oeffnung ist ganz verschwunden, die blaue Farbe geht nach und nach (*aa*) in Braun über, und endlich ist die ganze Zelle braun geworden.

D. Dieselben noch einige Minuten später; die innere Masse verschwindet allmählig ganz, mit alleiniger Hinterlassung der dunkelbraun gefärbten äußersten Membranen der Zellen; in einigen wenigen, *aaa*, sind noch Spuren der innersten Schichten übriggeblieben; durch erneuerten Zusatz von concentrirter Schwefelsäure erleiden die Ueberreste der Zellen keine weitere Veränderung.

Fig. 41. Durchschnittene dickwandige Markzellen aus einem alten Zweige von Hoya carnosa, sogleich nachdem sie mit concentrirter Schwefelsäure befeuchtet sind.

Fig. 42. Dieselben einige Minuten später; *a* stark angeschwollen, *b* Theil einer Zelle; die kleinen Canäle verschwinden nach und nach, ohne Spuren einer sie bekleidenden Membran zurückzulassen.

Fig. 43. Längsdurchschnitt der punktirten Gefäße von Clematis vitalba, mit Jod und Schwefelsäure (4—1) behandelt; *a* ist eins der größeren punktirten Gefäße, welches der Länge nach gespalten ist, so daß bei *b* die durchschnittenen Punkte sichtbar sind, die in der braun gebliebenen äußeren Wandschicht liegen; bei *d* befindet sich eine der Querwände, welche ursprünglich die Gefäßzellen begrenzten; bei *c* stehen kleine punktirte Gefäße mit schiefen Grundflächen auf einander.

Fig. 44. Längsdurchschnitt des Holzes eines der ältesten Internodien eines einjährigen Zweiges von Vitis vinifera, mit Jodtinktur und Schwefelsäure behandelt; *aa* Holzzellen, deren innerer Theil stark angeschwollen ist, so daß die Punkte verschwunden sind; *b* Theil eines punktirten Gefäßes mit durchlöcherten Punkten; *c* ein gestreiftes Gefäß.

Fig. 45. Spiralfasern eines ausgewachsenen Blattes von Agave americana im natürlichen Zustande, bloß mit Wasser befeuchtet.

Fig. 46. Dieselben Spiralfasern, nachdem sie eine Zeitlang in mäßig verdünnter Schwefelsäure gelegen haben.

Fig. 47. Dieselben einige Zeit später; die Fasern sind mit Hinterlassung unregelmäßiger runder Kügelchen vollständig verschwunden. Bei Anwendung concentrirter Säure lösen sich die Fasern sogleich auf und hinterlassen dieselben Körperchen.

Fig. 48. Dieselben Spiralfasern in concentrirter Kalilösung; sie sind stark angeschwollen, und der Rand ist gekerbt.

Fig. 49. Dieselben Fasern in concentrirter Salpetersäure, welche hernach mit Ammoniak neutralisirt ist. Die Fasern sind gleichmäßig angeschwollen und nach der Einwirkung von Ammoniak gelb gefärbt.

Fig. 50. Spiralfasern einer sehr jungen Pflanze von Agave americana, nachdem sie mit Jod und Schwefelsäure (4—1) behandelt sind.

Fig. 51. Spiralfasern eines ausgebildeten Blattes auf gleiche Weise behandelt.

Fig. 52. Durch Jod und Schwefelsäure anfänglich grün gefärbte Spiralfasern, welche nach Verlauf von ein paar Stunden braunroth geworden sind.

Fig. 53. Querdurchschnitt der Spiralzellen von Mammillaria pusilla, nachdem sie zuerst mit concentrirter Sal-

petersäure und darauf mit Ammoniak behandelt sind.

Fig. 54. Dieselben auf dem Längsschnitt betrachtet; die Spirale ist gelb, die Zellenmembran ungefärbt.

Fig. 55. Dieselben Spiralzellen, welche zuerst mit Jodtinktur getränkt sind, in Schwefelsäure (4 — 1) gebracht.

Fig. 56. Spiralfaser aus jenen Zellen, nachdem durch Einwirkung der Schwefelsäure die Zellenmembran zerstört und die Farbe der Faser von Braun in Grün übergegangen ist.

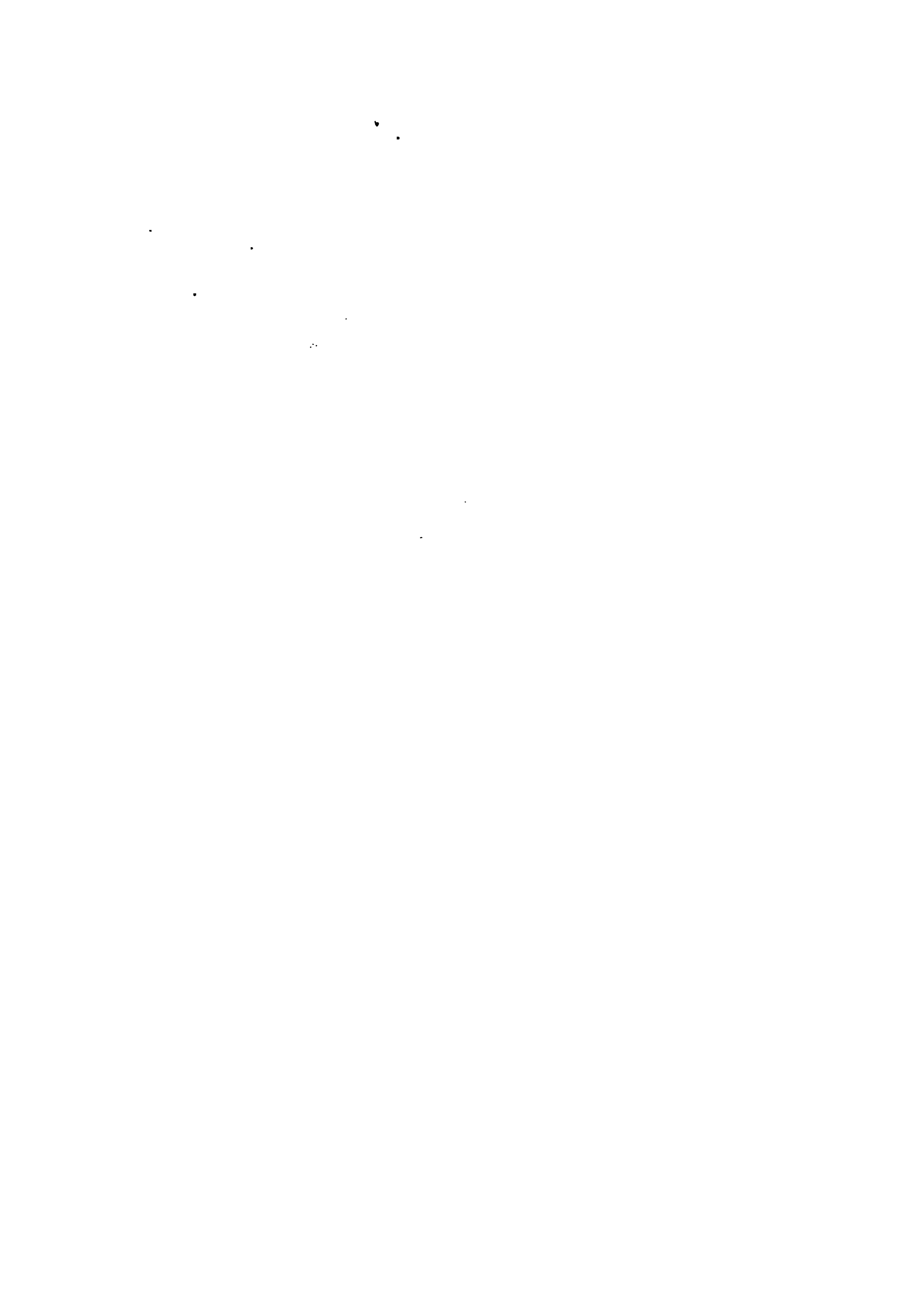
Fig. 57. Einige derselben Fasern, auf dem Querschnitt gesehen.

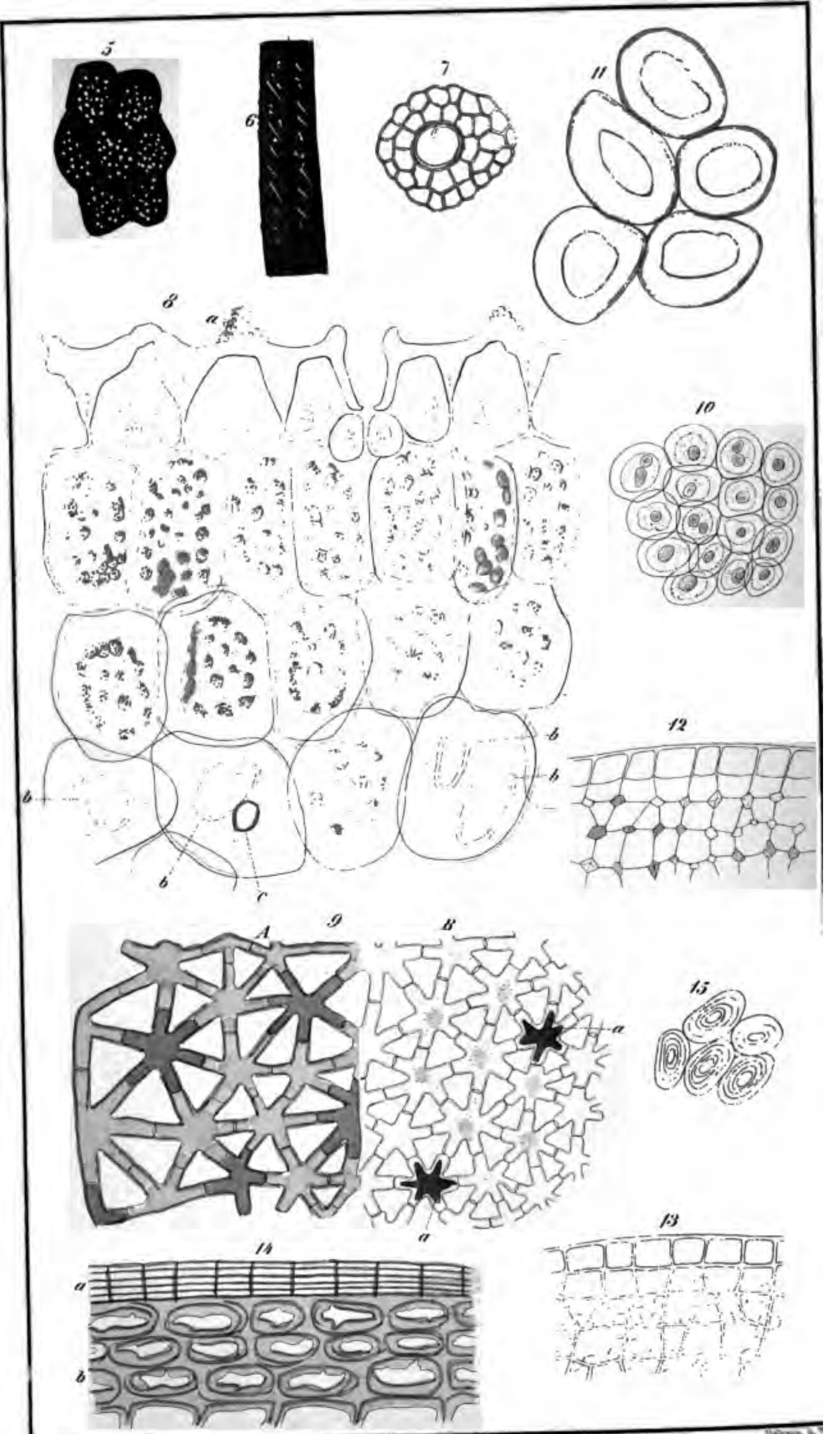
Fig. 58. Dieselben Fasern einige Minuten später; die grüne Farbe ist verschwunden und in ein Braunroth übergegangen, welches von dem durch bloße Färbung mit Jod hervorgebrachten Braun verschieden ist.

Fig. 59. Ein Theil einer Spiralzelle aus dem Holzkörper von Mammillaria prolifera, 24 Stunden lang mit concentrirter Salzsäure behandelt.

Fig. 60. Längsschnitt des Ringzellengewebes von Opuntia microdasys, mit Jod und Schwefelsäure (4 — 1) behandelt. Die äußerste Membran der Ringzellen und die des in der Mitte liegenden Spiralgefäßes sind blau, die Ringe und die Spiralfaser braun gefärbt; da wo die untere Wand der Ringzellen abgelös't ist (*aa*), sieht man sehr kleine Oeffnungen in der Wand, welche weiß erscheinen; bei *b* ist der Uebergang der Spiralfaser in einen Ring abgebildet.

Fig. 61. Dieselben Ringe der Quere nach durchschnitten, in concentrirter Schwefelsäure. Sie sind unregelmäßig angeschwollen, und die Oeffnung wird um so kleiner, je länger die Einwirkung dauert; sie ist in *a* ganz verschwunden, und der Ring ist äußerst dünn und durchscheinend geworden.





N. d. E. gez. von Harting

Fig. 62. Dieselben schon mit Schwefelsäure behandelten Ringe, auf Zusatz von Jodtinktur; der äußerste Rand wird dunkler gefärbt als das Uebrige; in manchen zeigen sich concentrische Ringe.

Fig. 63. Einer der nämlichen Ringe, mit concentrirter Salpetersäure und darauf mit Ammoniak behandelt.

Fig. 64. Einer derselben Ringe, mit Jod erst braun gefärbt und darauf mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, der man langsam concentrirte Säure hinzufügt.

Fig. 65. Querdurchschnitt der verlängerten Zellen an dem Ende des Gefäßbündels von Opuntia brasiliensis, mit Jod und Schwefelsäure (4 — 1) behandelt, wobei die Ringe der in der Mitte derselben befindlichen Ringzellen braun gefärbt bleiben.

Fig. 66. Ein Theil eines Vas laticis in der Mitte des Rindenparenchyms von Euphorbia Caput Medusae, da wo es sich in zwei Zweige theilt; *aaa* Verbindungspunkte der Zellen.

Fig. 67. Ein Theil des vorhergehenden, mit Jodtinktur und Schwefelsäure (4 — 1) behandelt; *a* das Milchsaftgefäß, dunkelblau gefärbt und mit einer sehr dünnen braunen Schicht, *bb*, umgeben, welche ein wenig rauh ist; *cc* Zellen, deren obere und untere Wand abgelös't ist, so daß die Poren sichtbar sind.

Fig. 68. Querdurchschnitt desselben Gefäßes. Das Milchsaftgefäß ist nach Innen so stark angeschwollen, daß von dem innern Raume keine Spur mehr zu bemerken ist. Die Anschwellung nach Außen wird durch das umschließende, braun gefärbte dünne Häutchen verhindert; die blaue Färbung ist in der Mitte am stärksten und nimmt in der Nähe der umgebenden Membran sehr ab. Der

Durchschnitt des Milchsaftgefäßes liegt scheibenförmig in der Mitte der umschließenden Zellen, deren Wände sich ausgedehnt haben. In Folge dieser Ausdehnung hat sich die Oeffnung, wodurch das Milchgefäß eintritt, erweitert, so daß man zwischen diesen und den Wänden der Zellen einen offenen Raum wahrnimmt. Ueberall, wo die Wand einfach ist, sieht man zahlreiche kleine Oeffnungen. In einer Zelle, deren Durchmesser etwa 0,037 Mm. betrug, belief sich die Zahl der Oeffnungen auf 45 bis 50.

Fig. 69. Querdurchschnitt des noch weiß gefärbten Theils eines sehr jungen Blattes von Agave americana, an der Stelle, wo die Blätter noch vereinigt sind, mit Jodtinktur und Schwefelsäure (4—1) behandelt. Die Cuticula hat sich abgelös't und bleibt braun gefärbt; die Wände der Epidermiszellen sind blau, ihr Inhalt braun; die Wände der Parenchymzellen sind stark angeschwollen und gleichmäßig blau gefärbt, der Inhalt ist braun. Bei hundertmaliger Vergrößerung.

Fig. 70. Ein kleiner Theil desselben Blattes mit der Epidermis und der abgelösten Cuticula, bei dreihundertmaliger Vergrößerung.

Fig. 71. Cuticula des noch weißen Theils eines jungen Blattes von Agave americana mit Schwefelsäure losgeweicht.

Fig. 72. Querdurchschnitt der Oberhaut eines ausgewachsenen Blattes von Agave americana mit Jodtinktur und Schwefelsäure behandelt. Der verdickte Theil der Zellen (Cuticula) bleibt unverändert, auch wenn er sehr lange mit concentrirter Schwefelsäure behandelt war; der dünnwandige Theil dagegen wird nach der Einwirkung

von Schwefelsäure augenblicklich veilchenblau, wie die Parenchymzellen. Bei *aa* geht der Schnitt gerade durch die Achse der Zellen und der kegelförmigen Höhlungen; bei *b* ist die Scheibe dicker, der Schnitt geht längs der Außenwand der Zelle. Die dunklere Färbung der oberen Wand und des verdickten Theils der Seitenwände wird allein durch die größere Dicke an jener Stelle verursacht.

Fig. 73. Querdurchschnitt der äußeren Schicht eines jungen Blattstiels von Cycas revoluta, dicht an der Basis, mit Jodtinktur und Schwefelsäure (4—1) behandelt; *a* grünlich gelb gefärbte dünne äußere Schicht, welche nur an einer einzigen Stelle erscheint und übrigens fehlt; *b* Epidermiszellen, deren äußerste Schicht (Cuticula) rund herum (auch unten, wo sie an die dickwandigen Bastzellen grenzen) braungelb gefärbt bleibt; die inwendige blaue Schicht scheint mit grüner Farbe hindurch; *c* eine Lage Bastzellen, welche aus drei Schichten einer braunen, bleifarbig blauen und braungelben Schicht bestehen.

Fig. 74. Querdurchschnitt der Oberhaut und äußersten Parenchymzellen eines Blattes von Phormium tenax, dicht an der Basis, mit Jod und Schwefelsäure (4—1) behandelt. Die Parenchymzellen werden durch und durch blau, die äußere verdickte Schicht der Epidermiszellen (Cuticula) bleibt gelb gefärbt, ebenfalls deren Fortsetzung, welche die blau gewordene Oberhautzelle köcherförmig umgiebt. An vielen Stellen sieht man die Oberhautszellen grün gefärbt, *aa*, wo die innere blaue Membran durch die gelbbraune äußere Hülle hindurchscheint.

Fig. 75. Cuticula von Opuntia microdasys, durch Jod gefärbt und durch Behandlung mit Schwefelsäure (4—1) von den Epidermiszellen abgelöst, wobei die dickwandigen Haare auf derselben befestigt bleiben.

Fig. 76. Hornartiges Albumen von Alstroemeria aurea aus einem Samenkorn, welches noch nicht zur Hälfte die Größe eines ausgewachsenen Kornes hat. Die Wände sind gleichmäßig dick; man sieht keine Spur von kleinen Canälen; alle Zellen sind mit einer feinen körnigen Substanz gefüllt.

Fig. 77. Dasselbe von einem etwas älteren Samenkorn. Die Wände sind dicker geworden, und die Canäle münden mit weiten Oeffnungen in den innern Zellenraum; *a* Zelle mit einer feinkörnigen, in Aether unauflöslichen, weißen Substanz gefüllt, *b* Zelle, deren untere Wand fehlt, so daß die Oeffnungen der Canäle sichtbar sind.

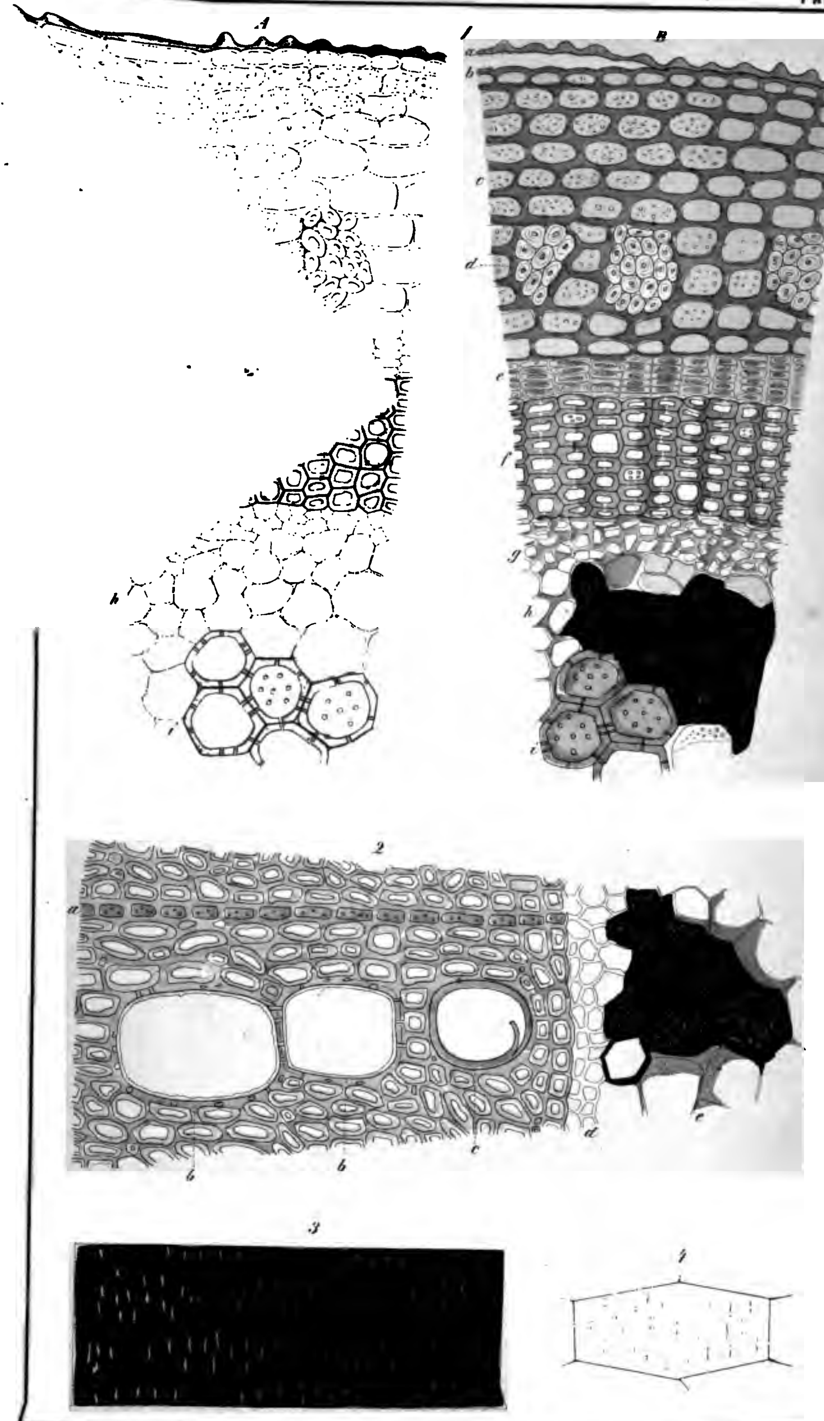
Fig. 78. Dasselbe von einem noch nicht ganz ausgewachsenen Samenkorn mit weiß gefärbtem Albumen; *a* und *b* bezeichnen das Nämliche, wie in der vorhergehenden Figur.

Fig. 79. Dasselbe von einem ausgewachsenen und schon vertrockneten Samenkorn, wo das Albumen braun gefärbt war; *aa* Zellen mit Fettkügelchen gefüllt, *b* Zelle, woran sich noch die untere Wand befindet. Dies und das Vorige sind mit Jodtinktur gefärbt.

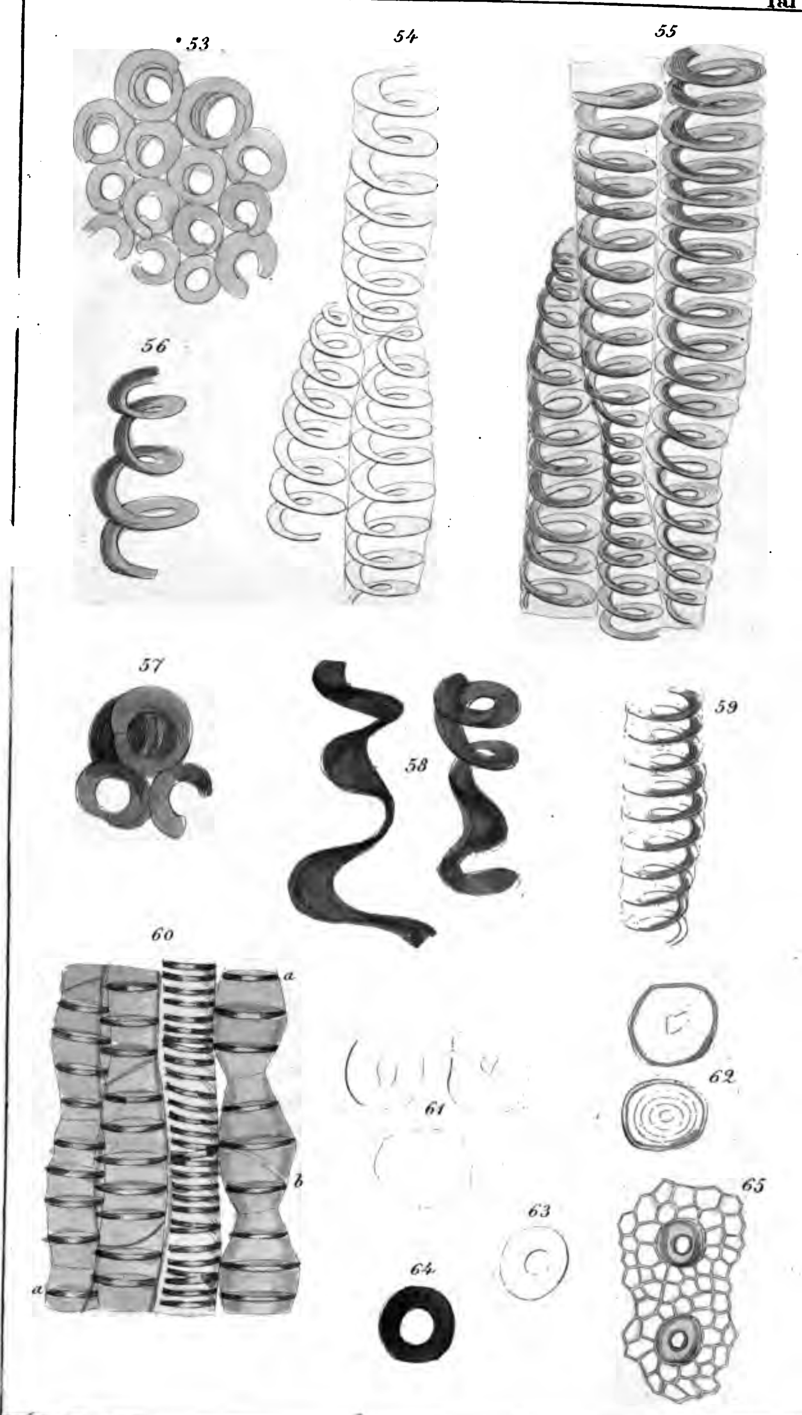
Fig. 80. Das Vorige mit Jod gefärbt und nachher in Schwefelsäure (4—1) gelegt, worin es sich nach und nach auflöst, ohne daß eine Anschwellung bemerkbar ist.

Fig. 81. Durchschnitt des Albumens aus dem Samen von Iris cruciata, bloß mit Wasser befeuchtet;




Taf
A
1
B
a
b
c
d
e
f
g
h
i
h
i
2
a
b
b
c
d
e
3
4

Taf



N d.N. gez. von Harting



66

a

a

a

67

b a b

c c

68

69

70

73

a

b

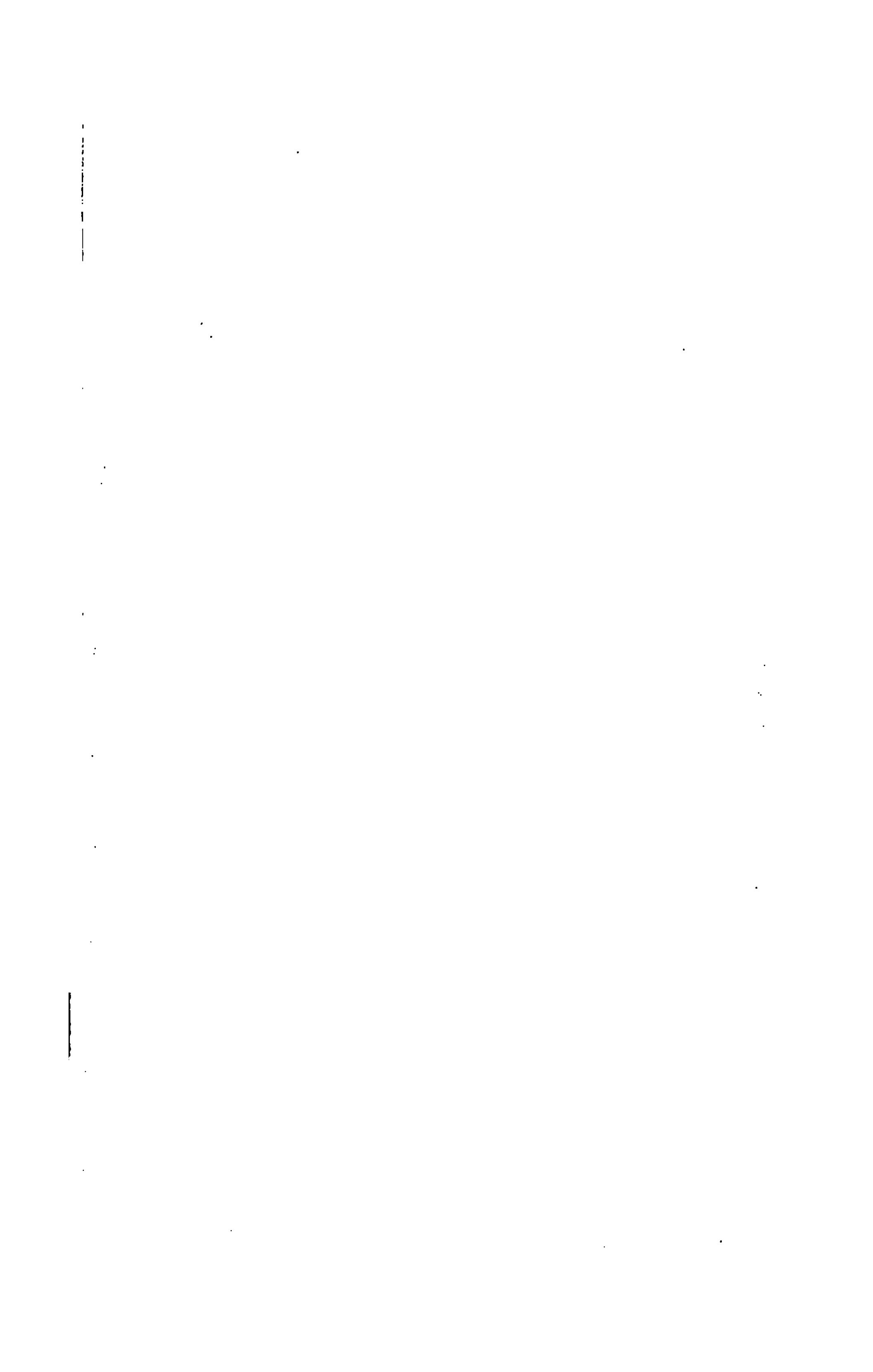
71

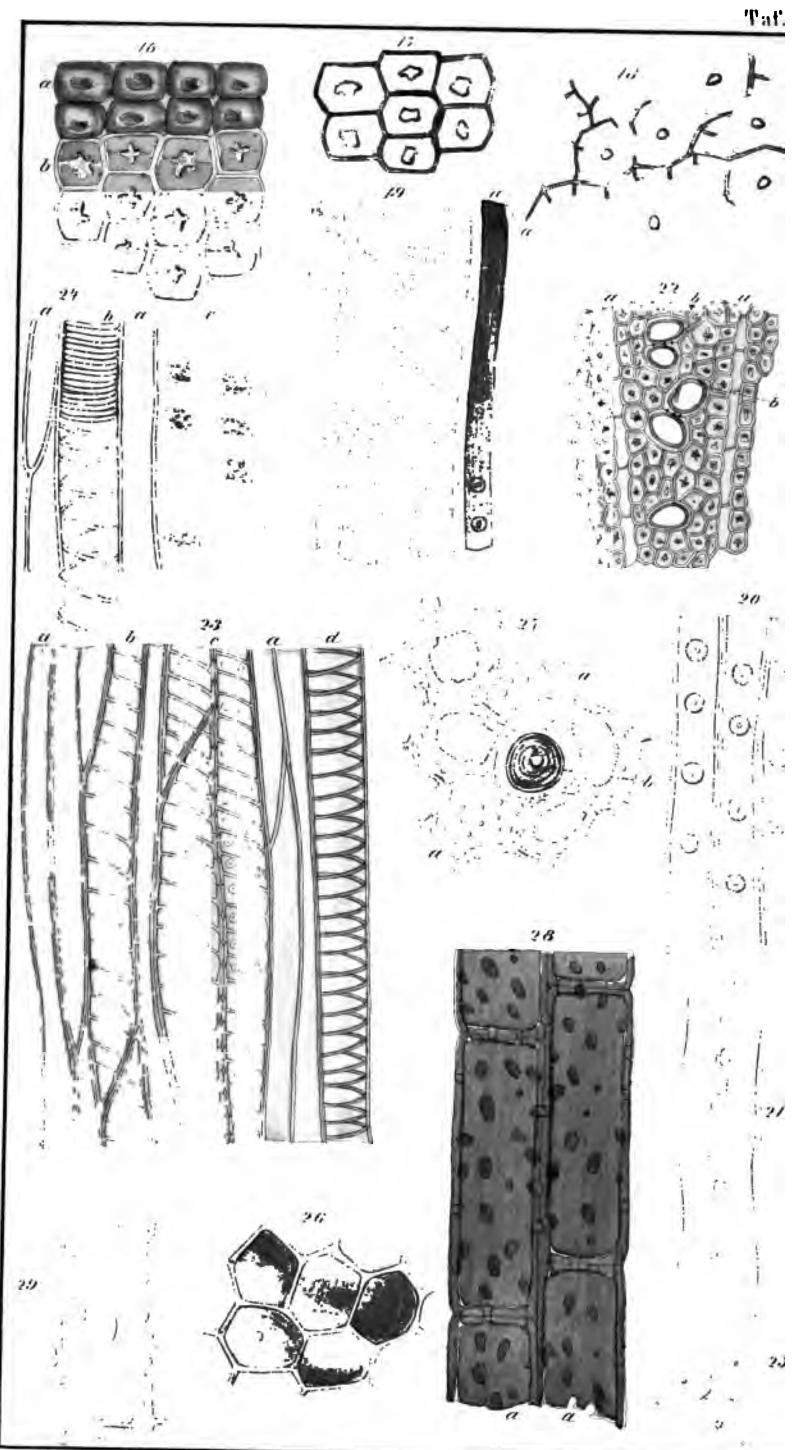
72

a a b

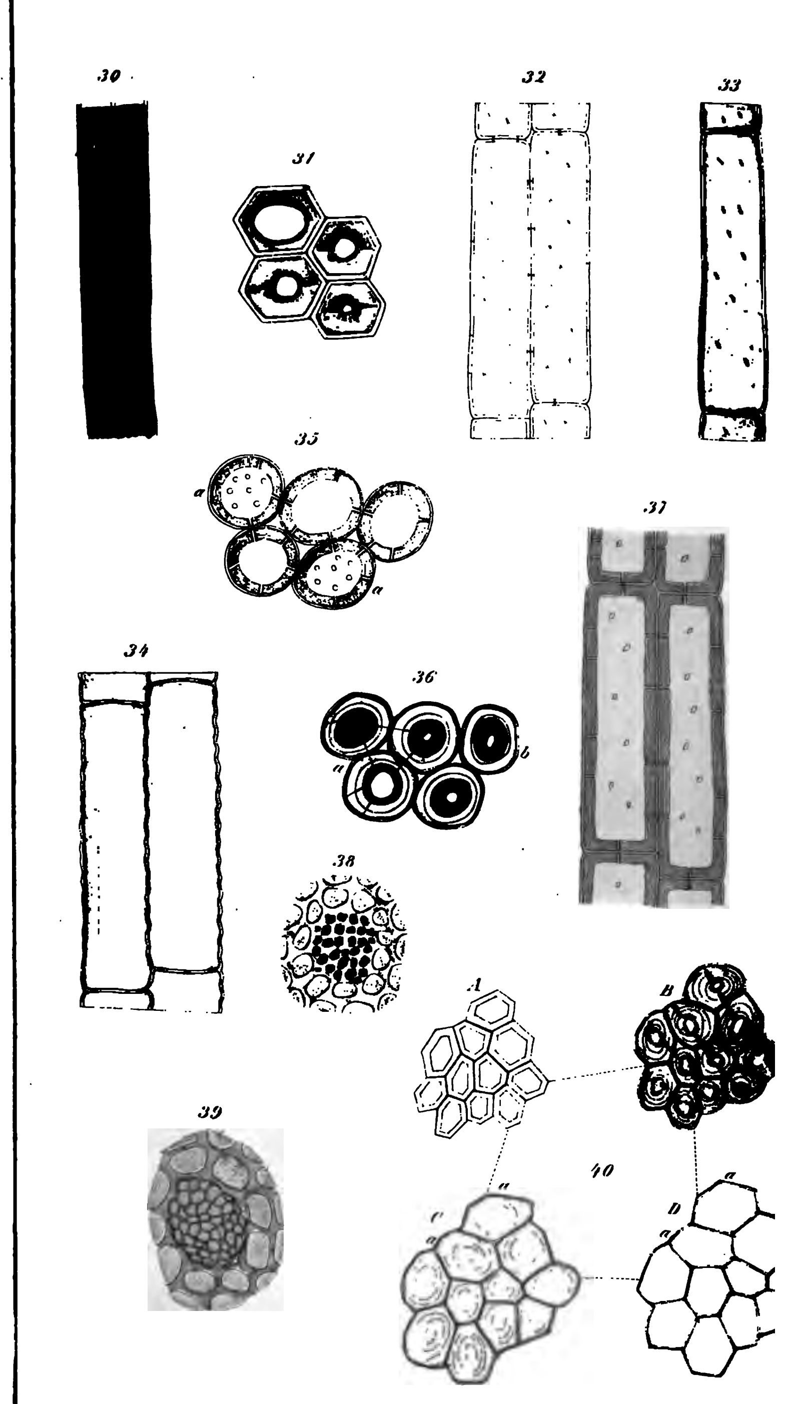
N d N gez. von Harting.

In Stahl gest. von E. C



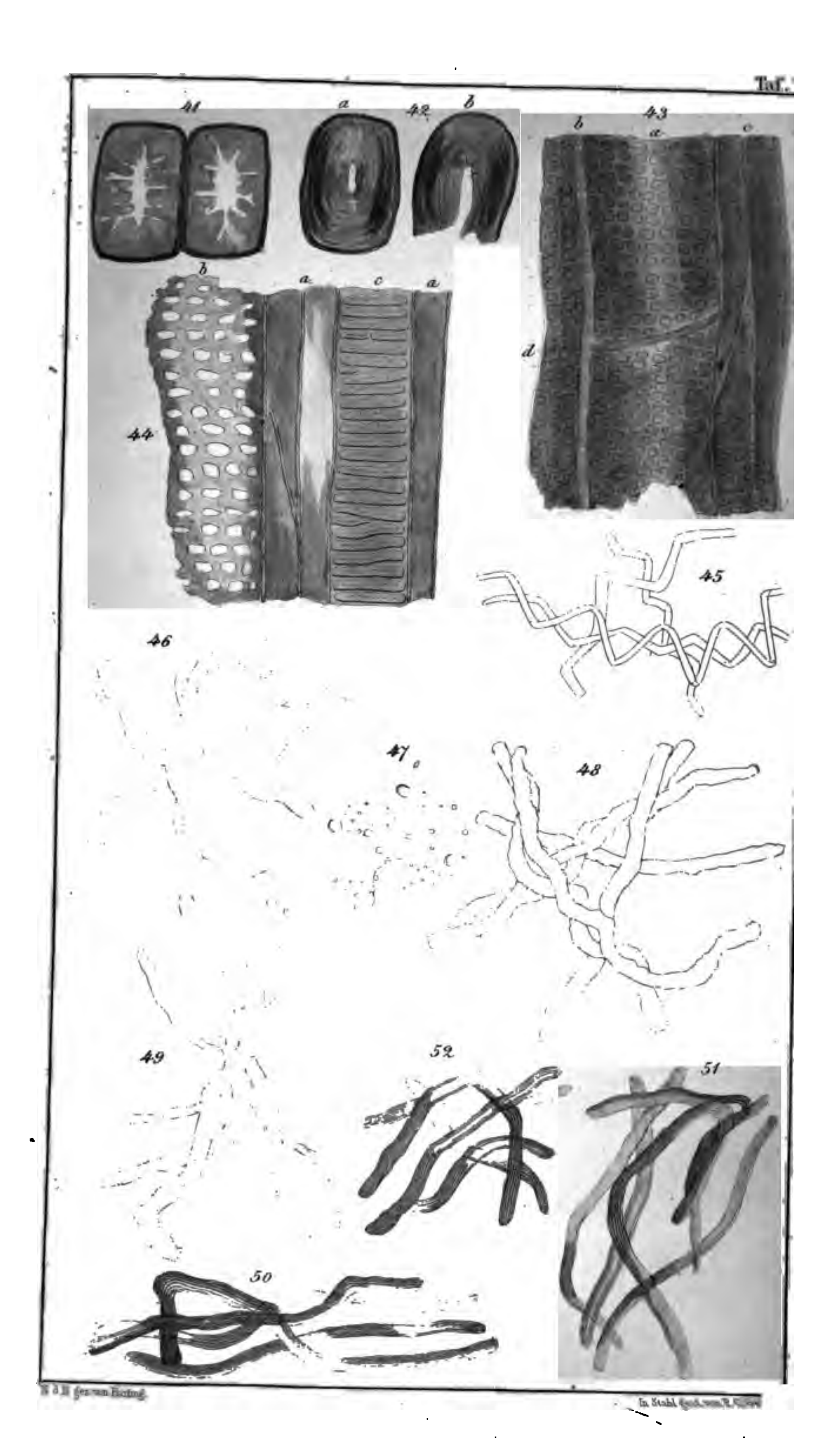


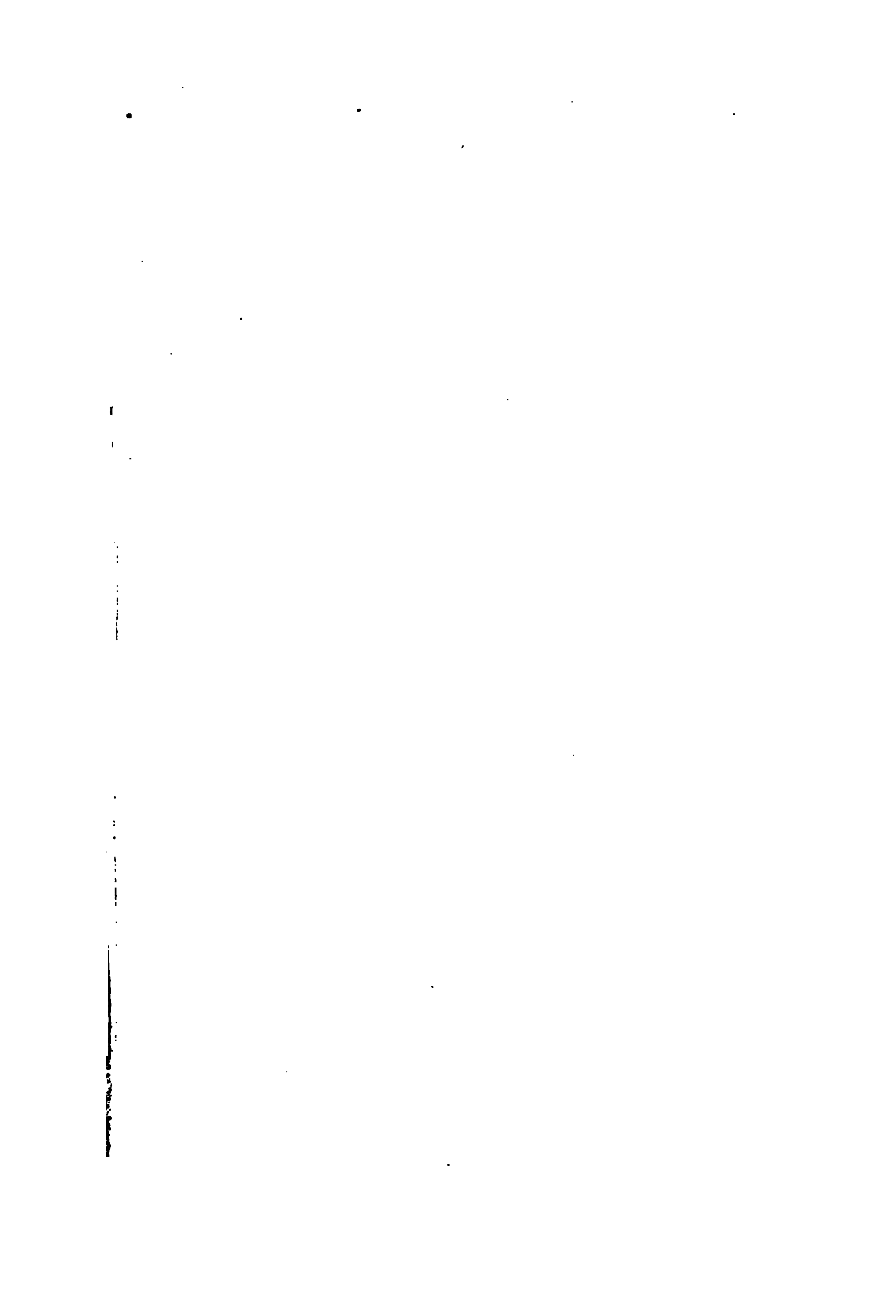


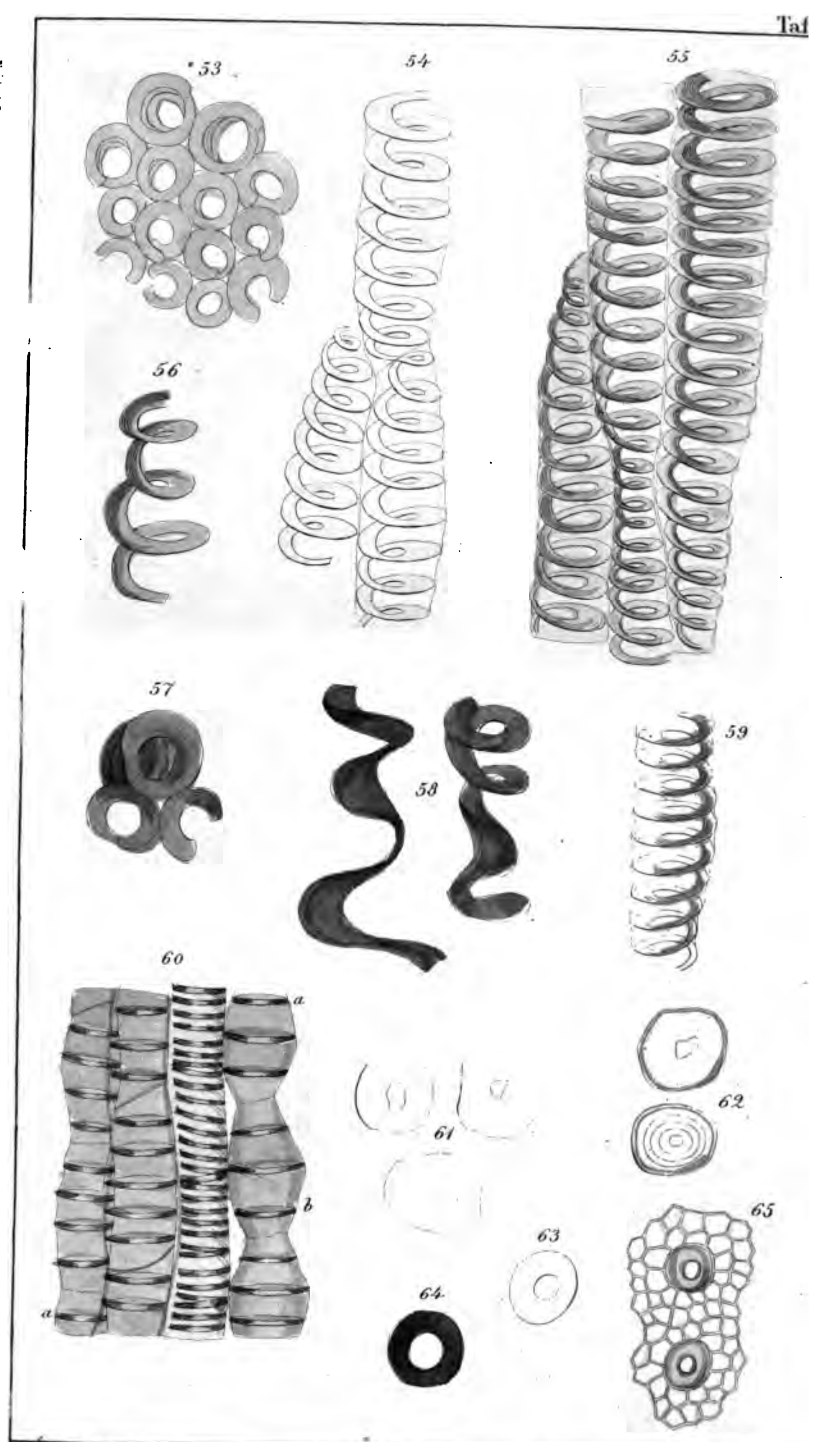


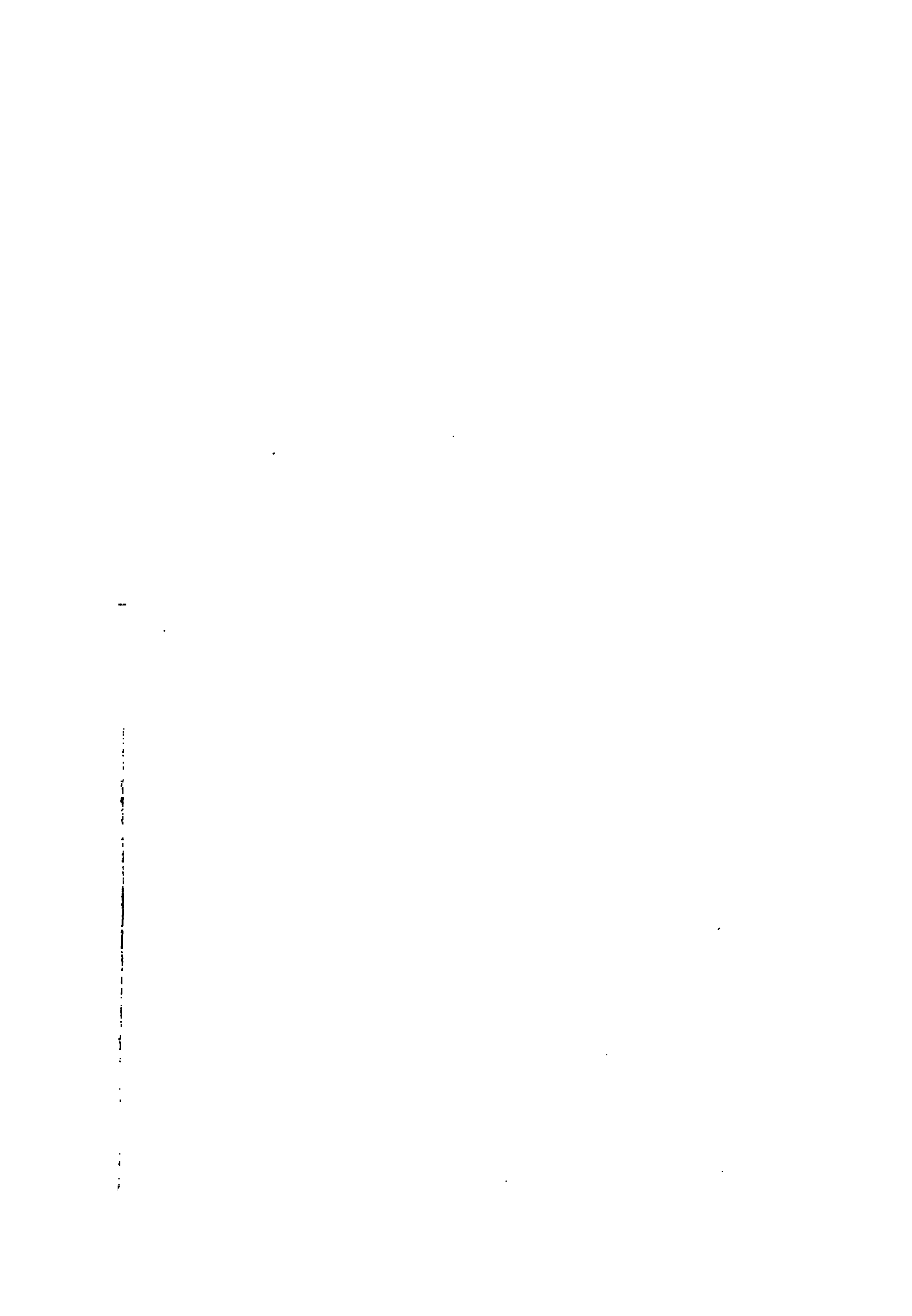
N. d. N. gez. von Harting.

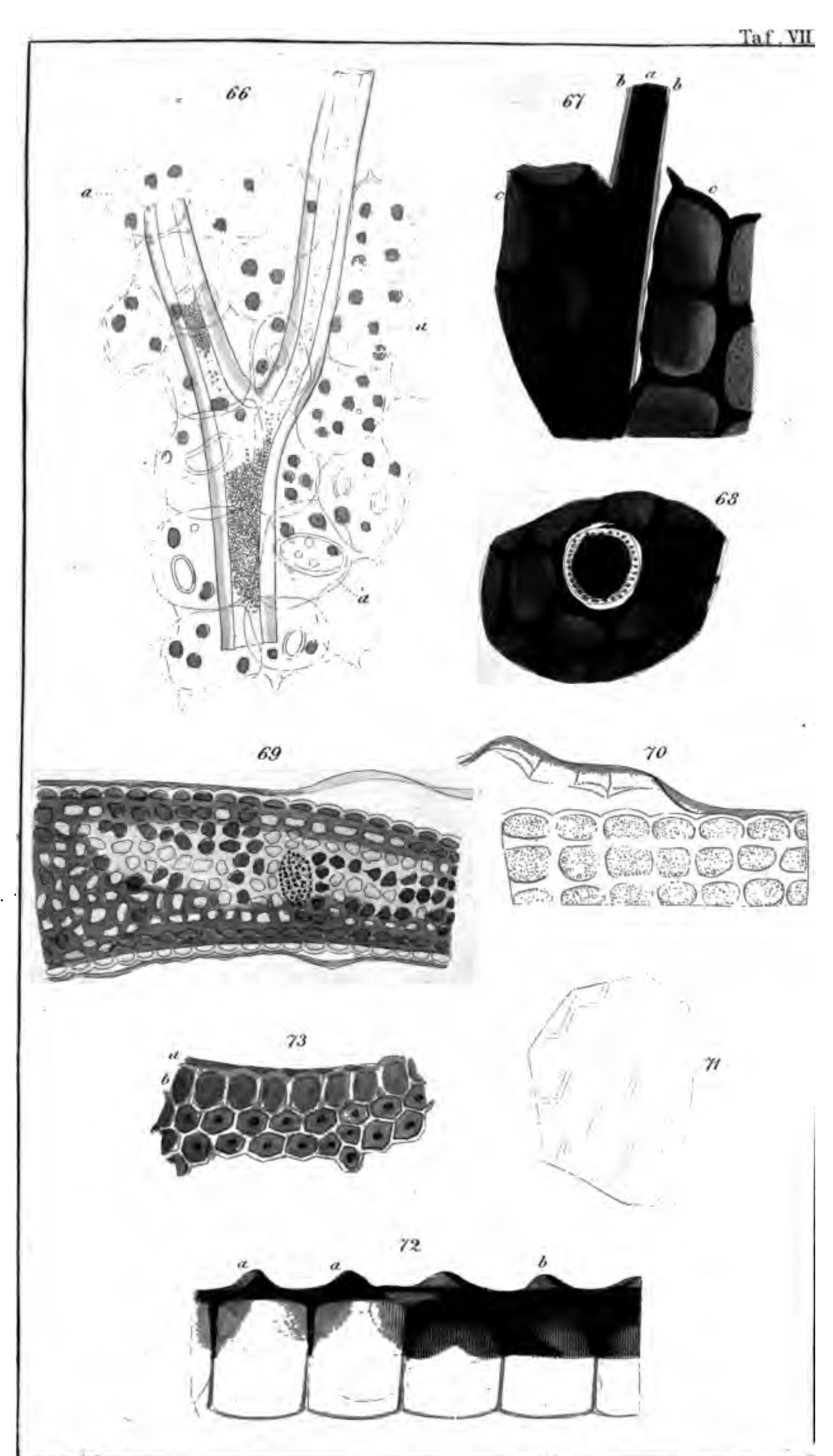



Taf.
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52

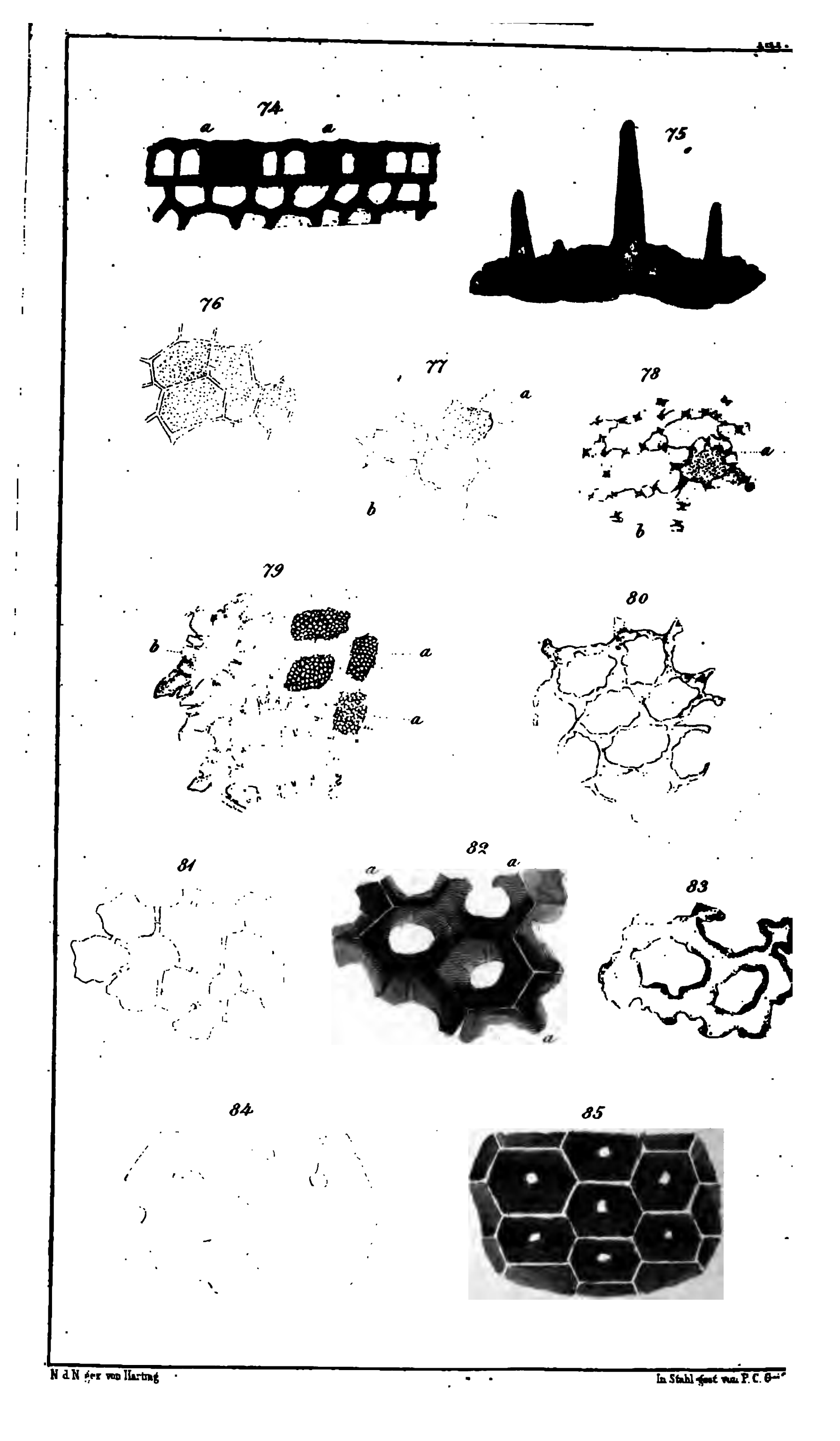



Taf
53
54
55
56
57
58
59
60
a
b
a
61
62
63
64
65
N. d. N. gez. von Harting

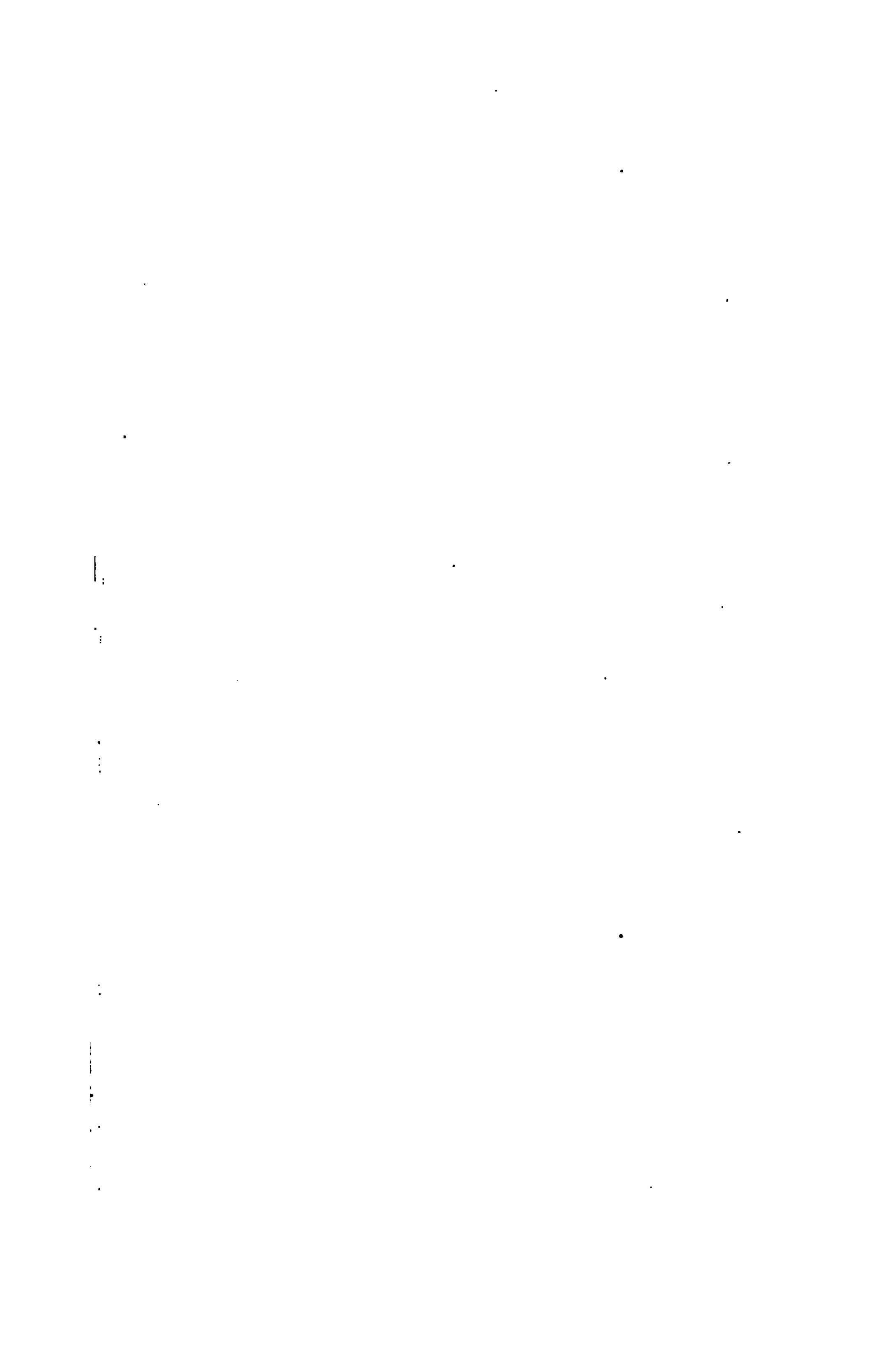



Taf. VII
66
67
68
69
70
73
71
72





74
a
a
75
76
77
a
b
78
a
b
79
b
a
a
80
81
82
a
a
a
83
84
85





THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
REFERENCE DEPARTMENT

…k is under no ci… nces to be

